TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. Alfred DURAND-CLAYE

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DU SERVICE MUNICIPAL
DE LA VILLE DE PARIS

PROFESSEUR AUX ÉCOLES NATIONALES DES BEAUX-ARTS ET DES PONTS ET CHAUSSÉES



PARIS
IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE CENTRALES DES CHEMINS DE FER
IMPRIMERIE CHAIX
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE SIX MILLIONS
Rue Bergère, 20
1883

GRADES ET FONCTIONS

1861 Élève de l'École Polytechnique.
1863 Élève-Ingénieur des Ponts et Chaussées.
1866 Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées.
1882 Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

1868 Professeur à l'École des Beaux-Arts.
1879 Professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

1875 Chevalier de la légion d'honneur.
1879 Officier d'Académie.
» Officier de l'Ordre de la Couronne d'Italie, Chevalier des Ordres de Léopold de Belgique, d'Isabelle d'Espagne, de la Conception de Portugal, de la Rose du Brésil.

1882 Vice-Président de la Société de Médecine publique.
1878-80-82 Président de section aux Congrès internationaux d'hygiène de Paris, de Turin, de Genève.
» Membre associé du « *Sanitary Institute* », de la Société de Médecine publique de Belgique, de la Société d'hygiène de Bordeaux.

Ville de Paris. Service de l'assainissement de la Seine depuis 1867
Ville de Paris — Transformation des vidanges et égouts depuis l'origine de la question
Exposition de 1878 — Rapport sur la classe 51 (le seul avec atlas cité par M. Jules Simon dans son rapport général)
Lauréat de l'Institut (Académie des Sciences) Prix Monthyon 1884
Exposition de Londres (1884) — Médaille d'or — Diplôme d'honneur pour les études d'assainissement de la Seine et Un special Certificate of Thanks

TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. Alfred DURAND-CLAYE

I. — ASSAINISSEMENT DE LA SEINE

A. — PREMIERS ESSAIS DE CLICHY ET DE GENNEVILLIERS

1. — Compte rendu des essais d'utilisation et d'épuration des eaux d'égout de Paris *(Années 1867-1868)*. — **Service municipal des Travaux publics.** — *Publication administrative, (en collaboration avec M. Mille)*.

La création par Belgrand de deux collecteurs, l'un de rive droite, l'autre de rive gauche, avait eu pour résultat d'affranchir la Seine de toute infection par les eaux d'égout dans la traversée de Paris. Mais le débouché des deux collecteurs à Clichy, en face d'Asnières, avait, du même coup, concentré l'afflux presque total de ces eaux en un seul point. Une fraction relativement faible des eaux d'égout de Paris échappait seule aux deux grands collecteurs et venait par un égout spécial déboucher en Seine, un peu en aval, à Saint-Denis; ces dernières eaux provenaient des quartiers Nord et Est de la capitale. L'infection de la Seine se manifesta bientôt d'une manière fâcheuse et les populations riveraines élevèrent de justes réclamations.

Le Préfet de la Seine avait créé un service spécial d'études, confié d'abord à M. Mille seul, et depuis 1867 à MM. Mille et Durand-Claye.

Le compte rendu du service, publié en 1869, donna les premiers renseignements précis sur les données du problème, c'est-à-dire sur les cubes et la composition des eaux d'égout; il posa les principes de la solution à intervenir.

De nombreux jaugeages apprirent que les deux collecteurs, réunis à Clichy, donnaient à la seconde 2^{mc},210, soit par jour 191.000 mètres cubes. L'égout spécial, débouchant à Saint-Denis, donnait 0^{mc},500 à la seconde, soit 40.000 mètres cubes par jour. Le cube total des eaux d'égout en 1868 était donc de 2^{mc},700 à la seconde et de 232.000 mètres cubes par jour. C'était à peu près les 58 0/0 du cube versé dans Paris, soit par les pluies, soit par la distribution d'eau qui s'élevait à cette époque à 216.000 mètres cubes par 24 heures. L'afflux au débouché n'était, du reste, pas régulier, atteignant son maximum de 11 heures du matin à 2 heures du soir et tombant à un chiffre bas dans la nuit, aux heures où la consommation d'eau est à peu près nulle dans Paris.

La composition chimique des eaux d'égout se résumait dans les chiffres suivants, rapportés au mètre cube :

	EAU TOTALE	MATIÈRES SOLIDES SUSPENDUES	MATIÈRES DISSOUTES
Azote	0^k037	0^k016	0^k021
Acide phosphorique . .	0,015	0,015	0,000
Potasse	0,030	0,000	0,030
Matières volatiles et combustibles.	0,729	0,528	0,240
Divers.	1,993	1,260	0,694
TOTAL.	2^k804	1^k819	0^k985

La conséquence de cette composition des eaux déversées en Seine était d'envaser le lit du fleuve de 135.000 tonnes par an de boue noirâtre et fermentescible, surmontée d'une eau profondément

altérée par les matières organiques putrescibles en dissolution. On perdait en même temps toute la valeur agricole des produits divers roulés dans le torrent des collecteurs; et cependant 125 à 150 mètres cubes d'eau d'égout équivalaient à 1 tonne de fumier.

Une remarque intéressante était faite en même temps sur la température des eaux d'égout. Ces eaux, circulant souterrainement, étaient relativement chaudes en hiver, ne descendant pas au-dessous de + 4° à + 5°, et fraîches en été, ne s'élevant pas au-dessus de 20°. Cette propriété était importante pour leur traitement continu.

L'épuration et l'utilisation des eaux des collecteurs fut essayée sur un terrain de 1 hectare 1/2 environ de superficie, à Clichy. Deux locomobiles de 4 chevaux élevèrent 133.000 mètres cubes sur ce champ d'essai. On expérimenta simultanément l'épuration par les procédés chimiques et l'application en irrigations. Divers réactifs, la chaux, et notamment le sulfate d'alumine, préconisé par MM. Lechatelier et Léon Durand-Claye (aîné), furent appliqués à un cube total de 95.000 mètres cubes, dans des bassins de 30 mètres de long, sur 8 mètres de large et 2 mètres de profondeur, avec déversoir régulateur à leur extrémité d'aval. L'eau fut convenablement clarifiée : mais elle conserva plus de la moitié de l'azote contenu dans l'eau primitive; elle restait exposée à des fermentations ultérieures. Cette clarification coûtait, en réactif seul, de 0 fr. 01 à 0 fr. 02 par mètre cube traité. Le dépôt obtenu était difficile à sécher et à manutentionner et ne dosait par 1.000 kil. que 5 à 6 kil. d'azote et 6 k. d'acide phosphorique, ce qui lui donnait le caractère d'une sorte de fumier froid, plutôt que celui d'un engrais riche, facilement transportable à grande distance. Ce caractère fut vérifié sur place, et chez quelques cultivateurs de la vallée de la Seine, par des applications à des céréales, des betteraves, etc. Ainsi les procédés chimiques clarifiaient et n'épuraient pas; ils laissaient échapper de l'eau claire, encore chargée de matières organiques et conservant tous les éléments agricoles dissous, et ne donnaient qu'un dépôt de valeur médiocre, difficile à manier, ne souffrant pas de longs transports.

L'épuration par le sol et l'utilisation agricole directe furent tentées sur une surface de 7.000 mètres carrés environ. — Au laboratoire, on vérifia dès cette époque le fait fondamental, que devaient plus tard répéter et interpréter MM. Frankland et Schlœsing : l'eau, chargée de matières organiques et ammoniacales en dissolution, s'oxyde par son passage à travers un sol perméable et aéré, indépendamment de la végétation, qui ne fait qu'utiliser les azotates ainsi formés et évaporer de fortes masses de liquide. Un grand bocal renversé et rempli de sable avec une mince couche de terre végétale servit à réaliser l'expérience, en fournissant à sa tubulure inférieure un liquide parfaitement clair et dépourvu de tout azote organique ou ammoniacal. Sur le terrain, le sol fut disposé en billons avec rigoles d'absorption, suivant un type analogue aux irrigations d'Italie ou d'Espagne ; l'eau d'égout baigna les ailes des billons, mais ne toucha pas les plantes. Les doses employées correspondirent à 39.000 mètres cubes à l'hectare pour les sept mois de végétation et à 60.000 mètres cubes pour les cinq mois de saison froide, soit près de 100.000 mètres cubes à l'hectare. — Les résultats obtenus, grâce aux conseils des maraîchers du voisinage, furent démonstratifs. — Près de 50.000 kil. de produits divers à l'hectare furent obtenus; leur qualité pratique et leur composition immédiate furent les mêmes que celles des produits similaires du maraîchage ordinaire. On obtint des légumes de toute sorte, des betteraves, du maïs, du ray-grass, etc. — On employa utilement en couverture les dépôts soit provenant des bassins d'épuration, soit laissés simplement dans les rigoles d'irrigation ; l'analyse avait démontré l'identité de ces deux sortes de dépôt ; seulement celui des irrigations se trouvait porté par l'opération elle-même à pied d'œuvre, par quantités fractionnées, et n'exigeait aucune des manipulations difficiles et coûteuses des précipités chimiques. — Les planches de légumes, ayant reçu 44.000 mètres cubes d'eau d'égout, fournirent au marché des produits valant 4.400 francs. — Aucun fait d'insalubrité ne fut signalé soit dans le personnel du service, soit aux environs pendant la durée des essais qui comprirent les années 1867 et 1868 presque entières.

2. — Note sur l'emploi agricole des eaux d'égout. *(Journal de la Société d'horticulture, 1868).*

Des détails spéciaux aux cultures maraîchères et à leur rendement sont fournis à la Société, qui nomma des commissions successives, lesquelles suivirent les essais de Clichy et de Gennevilliers et en rendirent compte dans diverses séances.

3. — Note sur les essais d'utilisation et d'épuration des eaux d'égout de Paris. — *Annales des Ponts et Chaussées, 1869. (En collaboration avec M. Mille).*

Les faits principaux, relatifs au cube et aux propriétés physiques et chimiques des eaux d'égout, sont reproduits, conformément au compte rendu administratif. — Il est également présenté un résumé des résultats obtenus dans le champ d'essai de Clichy, tant au point de vue de l'épuration chimique qu'au point de vue des irrigations.

4. — Communication à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale sur les eaux d'égout de Paris, leur épuration et leur utilisation. *(Séance du 14 mai 1869). (Bulletin de la Société.)*

Cette communication, faite sur la demande et sous les auspices de M. Dumas, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences et président de la Société, a été l'exposé général des études faites et des résultats obtenus dans les premiers essais de Clichy.

5. — Service des eaux d'égout. — *(Année 1869).* — **Compte rendu des travaux et des résultats. — Rapports des Ingénieurs.** — *Publication administrative. (En collaboration avec M. Mille).*

Les résultats obtenus, dans le champ d'essai de Clichy, avaient décidé l'administration municipale à tenter une expérience plus développée. Un crédit de 800.000 francs permit de franchir la Seine

et d'atteindre la plaine de Gennevilliers, formée par le premier des caps d'alluvion du fleuve. Il avait été décidé que les cultivateurs de la plaine seraient invités à joindre leurs efforts à ceux des Ingénieurs pour poser les bases pratiques d'une application en grand.

Les études sur les eaux des collecteurs furent poursuivies. Le débit du collecteur de Clichy fut trouvé de $2^{mc},53$ à la seconde ou 219.000^{mc} par 24 heures, avec une légère augmentation sur 1868, due spécialement à la mise en marche définitive du collecteur de rive gauche et du siphon du pont de l'Alma. — Le débit du collecteur de Saint-Denis se maintint à $0^{mc},510$ à la seconde et 44.000^{mc} par jour. — Le débit total des collecteurs de Paris atteignit ainsi 263.000^{mc} par 24 heures, soit les 81 0/0 de l'eau distribuée dans Paris ou tombée sous forme de pluie (324.000^{mc} par 24 heures).

Les analyses chimiques, faites au laboratoire de l'École des Ponts et Chaussées, montrèrent pour le collecteur de Clichy une augmentation de la dose d'azote ($0^{k},043$ au $^{mc.}$ au lieu de $0^{k},037$ trouvée en 1868) et une diminution des éléments insolubles siliceux ($0^{k},652$ au lieu de $0^{k},785$); l'augmentation dans le cube d'eau consommée, le meilleur emploi de ce cube pour des lavages plus fréquents, la diminution de surface des chaussées empierrées, pouvaient expliquer ce fait, qui n'a cessé de s'accuser d'année en année, au moins pour l'azote. — Quant au collecteur de Saint-Denis, ses eaux, à la sortie de Paris, à la Chapelle, présentaient une composition presque identique à celles du collecteur de Clichy; mais dans la traversée de la plaine de Saint-Denis, ce collecteur recevait les eaux vannes sorties de la voirie de Bondy, et un peu plus loin les eaux industrielles de Saint-Denis; aussi à son débouché en Seine présentait-il une infection toute spéciale, dosant $0^{k},140$ d'azote; $0^{k},040$ d'acide phosphorique; $0^{k},089$ de potasse; $1^{k},518$ de matières organiques diverses et $3^{k},461$ d'impuretés totales. Les conséquences du déversement en Seine de la masse des eaux d'égout commençaient à se manifester de la manière la plus fâcheuse; elles furent étudiées entre Clichy et Saint-Denis, à l'aide de nombreux sondages et d'analyses chimiques. — On dut enlever, à l'aide de dragues, près

de 60.000^{mc} de vase infecte qui entravait la navigation et dépenser de ce chef 70.000 francs. La Seine qui ne dosait au mètre cube que 0^{k},001 d'azote en amont du collecteur de Clichy, en contenait 0^{k},030 au débouché du grand collecteur, 0^{k},098 au débouché du collecteur de Saint-Denis et encore 0^{k},003 à 9 kilomètres des collecteurs. On arrivait ainsi à apprécier plus exactement l'altération du fleuve par les mêmes substances qui, appliquées sur le sol, pouvaient se transformer en 15 millions environ de produits agricoles.

La constance relative de température des eaux d'égout continua à être constatée; en janvier cette température se maintenait à + 6°,3, et on voyait les eaux des collecteurs fondre les glaçons à leur débouché dans le fleuve. Pendant les grandes chaleurs d'été, l'eau d'égout ne cotait que 19° tandis que l'air s'échauffait jusqu'à 29°.

Le service d'essai de la plaine de Gennevilliers reproduisait, sur une plus vaste échelle, les dispositions des premières expériences de Clichy. Les machines élévatoires présentaient une force de 40 chevaux. Elles actionnaient des pompes centrifuges doubles, refoulant l'eau d'égout dans des conduites métalliques de 0^{m},60 de diamètre et de 2.000 mètres de longueur; ces conduites franchissaient la Seine sous le tablier du pont récemment construit entre Clichy et Asnières. Elles se terminaient dans un réservoir en maçonnerie, placé à l'origine des 6 hectares achetés par la Ville dans la plaine de Gennevilliers; elles envoyaient des ramifications soit en conduites forcées de grès sur 500 mètres de longueur, soit en rigoles à ciel ouvert sur 3.200 mètres, de manière à irriguer les terrains municipaux et les terrains environnants. — On avait établi 3 bassins d'épuration, de 40 mètres de long chaque sur 20 mètres de large, afin de pouvoir continuer en grand les essais des réactifs chimiques, déjà entamés à Clichy; ces bassins étaient indépendants du système d'irrigation vers lequel les eaux se dirigeaient sans aucun traitement préalable.

Les machines élevèrent 975.000 mètres cubes dans le cours de l'année 1869, moyennant une dépense de 0 fr. 013 par mètre cube. — 657.000 m. c. furent consacrés à l'irrigation; — 318.000 à la clarifica-

tion chimique. Un fait capital ressortit de cette première campagne: au début, quelques cultivateurs de bonne volonté consentirent à grand peine à employer sur les 6 hectares municipaux des eaux qu'ils regardaient comme nuisibles aux produits agricoles et dangereuses pour leur propre santé. La majeure partie des eaux élevées par les machines passaient par les bassins où elles subissaient une clarification sans s'épurer à fond. Mais les résultats obtenus frappèrent les cultivateurs voisins du petit domaine municipal. Ils commencèrent, timidement d'abord, puis plus franchement à tracer quelques rigoles sur leurs champs desséchés; au mois de décembre 1869, la surface librement irriguée atteignait 37 hectares et on voyait s'esquisser une transformation radicale des cultures, les légumes et les plantes industrielles remplaçant peu à peu les maigres céréales qui étaient anciennement l'unique production de ces parages. Ce mouvement en faveur des irrigations et la diminution progressive des quantités d'eau clarifiées chimiquement, étaient de précieux résultats pour l'Administration; les expériences de clarification avaient montré, à Gennevilliers comme à Clichy, que les eaux d'égout, traitées par les réactifs contenaient encore plus de la moitié de leurs matières azotées fermentescibles et n'étaient pas, par conséquent, complètement épurées; chaque mètre cube clarifié coûtait, en réactif seul, 0f,014, c'est-à-dire coûtait deux fois plus que le mètre cube, simplement élevé par machines et distribué directement sur le sol; et le mètre cube de dépôt, obtenu par précipitation, revenait à près de 16 francs, tandis que sa valeur agricole pratique restait bien inférieure. Il y avait donc intérêt à tous points de vue à substituer au traitement imparfait et coûteux par la chimie le traitement parfait et économique par le sol; et c'est la possibilité d'entrer franchement dans cette voie que venaient de mettre librement en évidence les cultivateurs de la plaine de Gennevilliers. Les procédés d'application avaient été ceux du champ d'essai de Clichy : le sol avait été disposé en billons, où poussaient les plantes, et en raies, où circulait l'eau fertilisante. Les dépôts solides, laissés dans les raies ou provenant des bassins, étaient employés sur place comme engrais-couverture ou à dis-

tance comme équivalents des gadoues de Paris. Des expériences de laboratoire montrèrent dès cette époque que l'eau impure s'oxydait, se nitrifiait dans son passage à travers le sol : d'un même coup elle devenait inoffensive et fertilisante. Le sol de la plaine était dans les meilleures conditions pour jouer le rôle de support poreux et oxydant ; il contenait jusqu'à 93 0/0 de matières siliceuses et sa pauvreté même était une qualité pour le service qu'on en attendait. Les produits, examinés d'une façon suivie par les commissions de la Société d'horticulture, furent constamment luxuriants et de bonne qualité ; les récoltes atteignirent 8.000 et 9.000 francs à l'hectare ; elles comprirent, outre les légumes, des plantes industrielles, de la menthe et de l'absinthe pour la parfumerie, des pommes de terre, betteraves, des luzernes, du seigle en vert, etc., le tout avec de forts rendements. Les quantités d'eau consommées furent de 50.000 mètres cubes par hectare et par an pour la période d'irrigation ; des colmatages, tentés pendant la saison froide, atteignirent et dépassèrent 100.000 mètres cubes à l'hectare. Enfin, plusieurs centaines de mètres cubes de dépôts solides, provenant soit des rigoles, soit des bassins, montrèrent leur équivalence agricole aux gadoues ou aux fumiers maigres.

L'essai de Gennevilliers permettait d'aborder en connaissance de cause l'étude définitive de l'assainissement de la Seine : le sol des méandres de la Seine se montrait un excellent épurateur, tout en tirant un parti agricole utile des eaux qu'on y répandait ; on pouvait donc étendre l'opération sur la totalité de la presqu'île de Gennevilliers, et si les irrigations de la plaine ne suffisaient pas à absorber et épurer la totalité des eaux élevées, on admettait, en l'absence de terrains disponibles, la clarification chimique comme procédé accessoire et transitoire.

6. — Note sur l'utilisation agricole et l'épuration des eaux d'égout de la ville de Paris. — *(Annuaire de la Société des Agriculteurs de France. — Année 1870.)*

7. — **Communication à la Société des ingénieurs civils sur les eaux d'égout de Paris. — Séance du 21 janvier 1870.** — *(Journal de la Société.)*

Ces deux documents présentent le résumé des faits et des résultats, consignés dans les comptes rendus administratifs des années 1868 et 1869.

8. — **Note sur les eaux d'égout.** — *(Comptes rendus de l'Académie des sciences. 1870.)* — **Décision de l'administration supérieure.** *(Publication administrative, 1870.)*

Les faits acquis à Clichy et Gennevilliers sont résumés par le service dans une note succinte, présentée à l'Académie par le Secrétaire perpétuel, M. Dumas. La même note contient les bases d'un premier avant-projet d'application générale: un canal d'irrigation aurait traversé la plaine de Gennevilliers en envoyant des branches de distribution. Il se serait terminé par des bassins de clarification chimique, destinés à recevoir et à traiter sommairement les eaux non consommées par la culture dans la plaine. La dépense des travaux était évaluée à 10 millions.

Le Gouvernement, après avoir fait constater par une commission spéciale l'infection chaque jour croissante de la Seine et avoir soumis l'avant-projet des ingénieurs du service municipal au Conseil général des Ponts et Chaussées, posait en principe l'obligation pour la Ville de Paris de remédier aux inconvénients que présentait au point de vue de la salubrité l'écoulement en Seine des collecteurs de Clichy et de Saint-Denis et émettait l'avis qu'il y avait lieu de continuer en les développant les expériences de Gennevilliers, conformément à cet avant-projet. (Décision ministérielle du 30 juillet 1870.)

9. — **Communication à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.** — *Séance du 23 décembre 1870.* — *(Bulletin de la Société.)*

Sur l'invitation de M. le Président Dumas, un exposé sommaire

des résultats obtenus à Gennevilliers fut présenté ; l'investissement de la Capitale et l'absence de légumes frais, si regrettable au point de vue de l'alimentation de la population assiégée, montraient l'intérêt qu'aurait eu la réalisation d'un réseau d'irrigation, tel que celui de la plaine de Gennevilliers, à proximité de Paris et sous la protection des canons des forts. Tout service avait, du reste, été suspendu par suite de la rupture du pont de Clichy.

B. — IRRIGATIONS DE GENNEVILLIERS ET PROJETS D'ASSAINISSEMENT DÉFINITIF DE LA SEINE.

---

10. — Assainissement de la Seine. — Utilisation agricole des eaux d'égout et de leurs dépots. Situation au 1er janvier 1872. — *(Publication administrative.)*

Les événements du Siège et de la Commune avaient suspendu les irrigations ; les conduites de refoulement avaient été précipitées dans la Seine avec les ponts rompus par le génie militaire. La petite usine élévatoire avait été criblée de projectiles. Les ingénieurs préparaient les projets pour développer considérablement l'expérience de Gennevilliers, conformément à la décision de l'administration supérieure de 1870, en étendant l'opération à toute la plaine et en la transformant en un service pratique et continu. Mais les résultats acquis en 1869 et dans le premier semestre de 1870 n'avaient pas été perdus. — Au lieu des quelques cultivateurs qui s'étaient fait prier, au début, pour appliquer les eaux d'égout

sur des terrains qu'on leur livrait à titre gratuit, vingt-quatre maraîchers, horticulteurs, pépiniéristes se présentèrent, aussitôt la guerre civile et étrangère terminée, pour louer les quelques hectares municipaux à un prix inconnu jusque-là dans la plaine, 500 francs l'hectare. Les prix anciens variaient de 90 à 200 francs. Ces locataires et les cultivateurs voisins adressèrent des pétitions réitérées pour la reprise des irrigations, et, en attendant le retour des eaux d'égout, ils employèrent 3.500 mètres cubes de dépôts solides qui restaient dans la rigole et autour des bassins, comme stock des opérations faites avant la guerre. Des habitations commencèrent à s'élever autour et au milieu des terrains irrigués. — Cette situation était signalée à la nouvelle administration municipale, au moment où le programme des opérations à entreprendre était soumis au premier Conseil municipal élu.

11. — Situation de la question des eaux d'égout et de leur emploi agricole en France et à l'étranger. — *(Annales des Ponts et Chaussées, 1873. Annuaire de la Société des Agriculteurs de France, 1873.)*

La situation de l'exploitation de la plaine et des projets et travaux est présentée au commencement de 1873. L'ancienne installation d'essai de Gennevilliers avait été provisoirement remise en état (1er mai 1872), en profitant de passerelles en bois, pour donner satisfaction aux demandes d'irrigation adressées depuis un an à l'Administration. 45 hectares se couvraient de produits divers; le service journalier qui n'était en 1870 que de 6.000 mètres cubes, fut porté par une marche de nuit des machines à 12.000 mètres cubes; 1.600.000 mètres cubes furent ainsi déversés en quelques mois sur le sol perméable de la plaine. Les bassins de clarification, devenus inutiles, ne furent plus consacrés qu'aux expériences des nombreux inventeurs de procédés chimiques, qui venaient successivement faire la preuve de l'imperfection et de l'insuffisance de leurs méthodes. Les cultivateurs se perfectionnaient par la pratique journalière dans l'application d'une méthode d'irrigation absolument nouvelle aux

environs de Paris. Leurs légumes étaient recherchés dans les premiers hôtels et sur les marchés des environs ; les fleurs, les plantes industrielles, les fruits se joignaient aux légumes, et la transformation de la plaine, autrefois vouée à de maigres céréales, commençait à s'accuser par le libre jeu des intérêts privés autour du domaine municipal. Les projets d'extension des irrigations dans la plaine de Gennevilliers avaient été approuvés par le Conseil municipal, le 2 mars 1872, et un crédit de 1 million ouvert. La reconstruction des deux ponts de Clichy et de Saint-Ouen, détruits pendant la guerre, avait permis de placer sous les nouveaux tabliers des conduites de fort diamètre, $0^m,60$ et $1^m,10$. Un égout, établi à travers la plaine de Saint-Ouen, pouvait diriger vers Gennevilliers la totalité des eaux du collecteur de Saint-Denis par la seule action de la pesanteur. Une forte machine de 150 chevaux avec pompe centrifuge de $1^m,60$ de diamètre, remplaça les anciennes petites machines de 20 chevaux. On se mettait en mesure de fournir chaque jour à l'irrigation de 40.000 à 80.000 mètres cubes d'eau d'égout et de soumettre au besoin 500 hectares au nouveau mode de culture.

Les exemples de nombreuses villes anglaises, où se pratiquait l'épuration des eaux d'égout par le sol, étaient invoqués pour justifier les efforts de la Ville de Paris et les études ou expériences de plusieurs centres de la France et de l'étranger.

12. — Situation de la question des eaux d'égout et de leur emploi agricole en France et à l'étranger. — *(Annuaire de la Société des Agriculteurs de France, 1874.)*

La dérivation de Saint-Ouen commença son service en mars 1873, et la nouvelle machine de Clichy fonctionna en juillet. Le cube journalier mis à la disposition de la culture et, par conséquent, enlevé au fleuve, atteint de suite 35.000 à 40.000 mètres cubes. Le réseau des rigoles et conduites de distribution englobe une surface de 143 hectares, sur lesquels, au 31 décembre 1873, 88 étaient soumis à l'irrigation et au colmatage. Les cultures continuent à prospérer ;

les produits maraîchers maintiennent la production de l'hectare à 4.000, 7.000, 8.000 francs l'hectare; les colmatages donnent 27 hectolitres de blé; les arrosages d'été 100.000 kilog. de betteraves, 1.800 kilog. de foin sec à l'hectare. Le Ministre de l'agriculture et du commerce fait contrôler les résultats obtenus, par une commission spéciale. Malgré l'opposition des vieux cultivateurs, troublés dans leurs habitudes, malgré l'inexpérience de quelques-uns des clients de la Ville qui abusaient au lieu d'user des eaux mises à leur disposition, la commune de Gennevilliers ouvre, par un traité passé avec la Ville de Paris, tous ses chemins et ses digues aux conduites et rigoles, sans réclamer d'indemnité. De nombreuses analyses, faites sur les eaux souterraines de la plaine, apprennent que la purification des eaux d'égout par un sol perméable est parfaite, même aux doses de 50.000 à 100.000 mètres cubes à l'hectare, ainsi que le faisaient prévoir les recherches de laboratoire et les essais antérieurs à petite échelle sur le terrain. Les ingénieurs étudient et présentent à l'Administration le projet d'un réseau de conduites de distribution, permettant d'étendre à plus de 500 hectares le périmètre arrosable.

La situation des *sewage farms* anglaises est analysée et le recul constant des procédés chimiques est constaté. On signale l'application du système des irrigations à Dantzig, en Allemagne.

13. — Conférence sur l'utilisation des eaux d'égout de la Ville de Paris. — Société d'encouragement. — *Séance du 26 juin 1874. (Bulletin de la Société.)*

L'historique du service, depuis sa reprise, en 1872, est présenté. Le développement spontané des irrigations est signalé ; la surface arrosée atteint 115 hectares. Le cube enlevé chaque jour aux collecteurs est du cinquième environ de l'afflux total des eaux d'égout et correspond au service d'une ville de 300.000 à 400.000 habitants. Les analyses des eaux des puits et de la nappe de la plaine de Gennevilliers montrent que ces eaux ne renferment plus que $0^g,1$ à $0^g,3$ d'azote organique au mètre cube, quantité insignifiante et

inférieure à celle d'un grand nombre de nappes des environs de Paris. Des échantillons de ces eaux et des produits sont mis sous les yeux de la Société.

14. — Assainissement de la Seine. — Rapport fait au nom de la Commission chargée de proposer les mesures à prendre pour rémédier à l'infection de la Seine aux abords de Paris. — *(Imprimerie nationale, 1874. — Journal officiel. — Annales d'hygiène publique et de médecine légale, 1875.)*

Le Gouvernement, ému des réclamations des riverains de la Seine sur l'état de corruption du fleuve, nomma, le 22 août 1874, une commission ministérielle, composée d'inspecteurs généraux des Ponts et Chaussées, de membres du Conseil de salubrité, de directeurs et Conseillers municipaux.

Le rapport, présenté par M. Durand-Claye au nom de cette commission, constate d'abord l'état d'infection du fleuve, montre la fermentation se propageant de Clichy à Bezons et à Bougival, les bancs de vase noirâtre émergeant de place en place, les écumes flottant au loin. Des analyses accusent l'abondance de l'azote dans les eaux de la Seine depuis Clichy, où il dose 29 grammes au mètre cube, et Saint-Denis où il dose 98 grammes, jusqu'à Mantes où la Seine reprend seulement son titre de $1^g,5$. L'oxygène dissous disparaît dans le même parcours, absorbé par la décomposition des matières organiques ; le litre d'eau de Seine n'en contient plus qu'un centimètre cube en aval de Saint-Denis, et les titres de 9 à 10 centimètres ne reparaissent qu'à Mantes et Vernon. Des gaz analogues au gaz des marais et contenant 73 0/0 d'hydrogène protocarboné se dégagent sur un long parcours et sont la preuve d'une altération profonde.

La cause prédominante de cette infection est incontestablement le débouché en Seine des collecteurs parisiens, qui donnent en 24 heures 260.000 mètres cubes d'eaux impures, dosant à Clichy 40 grammes d'azote et $2^k,100$ de matières totales, à Saint-Denis, 140 grammes d'azote et $3^k,460$ de matières totales. Le déplorable service

de la voirie de Bondy se traduit par les fortes doses du collecteur de Saint-Denis. Pendant l'été, la rivière formée par les deux collecteurs est le quinzième et quelquefois le dixième du débit même de la Seine. Accessoirement, les égouts des diverses communes riveraines de la Seine, une quinzaine d'égouts parisiens non réunis aux collecteurs, les usines de féculeries, teintureries, etc., les bateaux à lavoir, contribuent pour une faible part à la pollution du fleuve.

La Commission pose l'obligation pour la Ville de Paris de remédier à l'infection constatée.

Il convient d'asurer tout d'abord l'enlèvement par dragage des dépôts qui encombrent le lit de la Seine et qui s'élèvent à 82.000 mètres cubes en 1873, exigeant une dépense de 180.000 francs.

Quant à l'assainissement proprement dit du fleuve, la Commission repousse les systèmes de prolongement des collecteurs jusqu'à la mer ou jusqu'au confluent de l'Oise, la dilution des eaux d'égout dans une masse plus ou moins considérable ne pouvant empêcher leur décomposition et leur fermentation et l'extension des collecteurs devant, en outre, entraîner des dépenses aussi gigantesques qu'inutiles. Les bassins de décantation ou les filtres ne peuvent que clarifier plus ou moins imparfaitement les eaux d'égout, sans les épurer; ces bassins et ces filtres seraient des foyers d'infection; les dépôts seraient difficiles et coûteux à manier. Même reproche aux divers procédés chimiques, dont les meilleurs, comme l'emploi du sulfate d'alumine, laissent dans l'eau clarifiée $0^k,021$ d'azote sur $0^k,037$ à $0^k,040$ primitivement contenus au mètre cube, et exigeraient une dépense annuelle en réactifs seuls de un à deux millions.

Le seul procédé pratique d'épuration, admis par la Commission, est l'action d'un sol perméable, qui est tout d'abord à sa surface un excellent filtre et qui dans ses couches, imprégnées d'air, oxyde et minéralise la totalité des matières organiques azotées, rendues ainsi inoffensives. La végétation peut profiter de cette transformation et se nourrir des azotates formés, aussi bien que de la potasse, de l'acide phosphorique et de la chaux que renferment les eaux d'égout; une bonne récolte de produits intensifs exige 15.000 mètres cubes de ces eaux, et trois récoltes conduisent

à 45.000 mètres, cube bien voisin du chiffre de 50.000 mètres cubes à l'hectare, consacré par la pratique de Gennevilliers. Les expériences du laboratoire de Clichy sont rappelées et sont confirmées par les analyses des eaux de la nappe souterraine où l'azote organique ne figure plus qu'à des doses infinitésimales et l'azote total à 0g,3 ou 0g,4 par mètre cube. — Le cube d'eau d'égout consacré aux irrigations a atteint :

1.500.000mc	en 1872.
7.200.000	en 1873.
8.000.000	en 1874.

La surface arrosée est de 115 hectares, sillonnés de 5.700 mètres de rigoles et conduites maîtresses. Les produits sont luxuriants et de bonne qualité ; les prix de location de l'hectare atteignent 300 à 400 francs. Des plaintes se sont produites sur la surélévation prétendue de la nappe souterraine ; mais ce phénomène mécanique, contestable du reste, n'est accompagné d'aucun fait d'insalubrité et peut être en tous cas facilement prévenu par quelques travaux de drainage. La Commission conclut, en conséquence, tout d'abord à l'extension de l'opération dans la plaine de Gennevilliers.

Un nouveau crédit de 1.000.000 francs est effectivement ouvert par le Conseil municipal en novembre 1874 et va permettre l'établissement d'une machine de renfort de 250 chevaux à Clichy et d'un réseau de conduites de distribution de 11.000 mètres qui étendra considérablement le périmètre d'irrigation. Ce système, avec les additions qui se réaliseront chaque année grâce au concours des cultivateurs, pourra s'étendre dans l'avenir à 1.000 hectares et consommer près de 50 millions de mètres cubes.

Pour l'excédant du cube annuel, qui peut s'accroître avec le développement du service des collecteurs, la Commission admet l'extension possible vers les territoires de Colombes, Nanterre et Rueil ; elle recommande spécialement les terrains domaniaux d'Achères, qui s'étendent à l'extrémité Est de la forêt de Saint-Germain, terrains misérables et presque incultes, mais qui se trouvent ainsi, par leur aridité et leur perméabilité extrêmes, admirablement préparés à l'épuration projetée.

Accessoirement la Commission signale l'infection produite par la voirie de Bondy, demande l'amélioration de cet établissement, l'éloignement de ses eaux vannes qui polluent si gravement la Seine à Saint-Denis, la construction de collecteurs riverains et l'épuration locale pour les égouts secondaires et les résidus industriels du départements de la Seine.

L'avis de la Commission fut approuvé par décisions ministérielles des 24 juillet et 31 août 1875.

15. — Assainissement de la Seine. — Épuration et utilisation des eaux d'égout. — Avant-projet d'un canal d'irrigation à l'aide des eaux d'égout entre Clichy et la forêt de Saint-Germain. — Enquêtes. — Rapports. — *(Publications administratives; Gauthier Villars, 1876.)*

Conformément à l'avis de la Commission ministérielle de 1874, un avant-projet de canal d'irrigation est étudié entre Clichy et les terrains domaniaux qui terminent à l'Est la presqu'île de la forêt de Saint-Germain. Ce canal traverse les plaines de Gennevilliers et de Houilles et se termine à l'Étoile d'Herblay. Il est formé de conduites fermées, soit en maçonnerie de 2 mètres de diamètre, soit en métal de 1 mètre 10. Il traverse deux fois la Seine en siphon, à Argenteuil et à Sartrouville. Il aboutit à l'extrémité de la forêt et permet d'épurer les eaux sur une surface de 1.400 hectares domaniaux, dont près de 900 hectares sont constitués par des fermes et des tirés, où la végétation est nulle ou des plus pauvres. En route, il envoie six branches secondaires, dont la principale est constituée par le réseau de Gennevilliers et dont les autres doivent être exécutées lorsque les cultivateurs le demanderont, les terrains domaniaux d'extrémité formant le trop plein et le champ d'épuration proprement dit. — La force de l'usine élévatoire de Clichy est portée à 1.150 chevaux; la dépense totale est évaluée à 7.000.000 de francs.

Cet avant-projet fut adopté le 2 mars 1876 par le Conseil municipal de Paris et mis quelques mois après à l'enquête.

Dans le département de la Seine, la Commission d'enquête, sous

la présidence de M. Bouley, de l'Institut, donna des conclusions absolument favorables, par l'organe de M. Schlœsing, de l'Institut, qui, dans un rapport du caractère scientifique le plus élevé, analysa toutes les données de la question et expliqua la théorie de la nitrification par une série d'expériences spéciales et en démontrant l'intervention d'une espèce spéciale de microbes, ayant la propriété d'oxyder les matières organiques des liquides impurs en présence de l'air et des bases minérales.

Dans le département de Seine-et-Oise, une opposition assez vive se manifesta : il y fut répondu par un rapport spécial. On rectifia les énonciations inexactes produites par la commission, notamment au sujet de la constitution des terrains domaniaux à soumettre à l'irrigation. On montra qu'il ne fallait les confondre, à aucun titre, avec la belle partie de la forêt qui avoisine la terrasse de Saint-Germain ; ils étaient distants de dix kilomètres de cette terrasse ; ils comprenaient spécialement des terrains défrichés ou couverts de broussailles ; leur constitution géologique, toute d'alluvions, sur une forte épaisseur, était éminemment propre à l'épuration. Aucune habitation ne s'y rencontrait.

La Commission concluait, du reste, à un système bien voisin de celui qu'elle repoussait : canal allant de Paris à la mer, distribuant en route toute l'eau d'irrigation qu'on lui demanderait ; la mer n'était qu'un objectif théorique, l'utilisation des eaux d'égout ou leur épuration, pratiquées en route, devant ramener à une distance relativement minime de la capitale le terminus du canal.

16. — État de la question des eaux d'égout en France et à l'Etranger. Annuaire de la Société des Agriculteurs de France. *(Annuaire de la Société des Agriculteurs de France. Année 1880.)*

Les travaux d'extension de l'usine et du réseau de distribution, votés en 1874, sont en service. L'usine de Clichy, avec ses deux machines de 150 et 250 chevaux, et la dérivation de Saint-Ouen, ont versé en 1876, sur la plaine de Gennevilliers, près de 11 millions de mètres cubes d'eau d'égout. Le réseau des rigoles et con

duites maîtresses atteint 25,000 mètres et est constitué en majeure partie de conduites souterraines en béton qui amènent l'eau en tête des rigoles tertiaires. La surface irriguée est de 220 hectares dans le cours de l'année 1876 et de 300 hectares au 31 décembre. Les récoltes continuent à donner des produits abondants; les cultures comprennent 46 0/0 de légumes, 21 0/0 de racines, betteraves, etc., 20 0/0 de prairies artificielles, 7 0/0 de céréales, 6 0/0 de plantes industrielles (menthe, absinthe, roses, etc.). Le prix de location des terrains irrigués atteint 450 francs. La majorité des cultivateurs se rallie au nouveau système de culture.

Les essais de Reims, les applications de Saint-Germain, de l'asile de Vaucluse, le développement croissant des *sewage farms* d'Angleterre, l'adoption des irrigations par la ville de Berlin sont cités comme confirmation de la marche suivie à Paris.

17. Sur la température des eaux souterraines de Paris pendant le mois de décembre 1879. — *(Compte rendu de l'Académie des sciences*, 1880.*)*

La température exceptionnellement basse de décembre 1879 a permis de vérifier, sur une vaste échelle et dans des circonstances particulièrement critiques, les propriétés des eaux d'égout au point de vue de la température, signalées en 1868 et 1869.

La moyenne générale de la température de l'air fut de — 7°,6 et celle de la Seine de 0°. — L'eau d'égout oscilla entre + 5° et + 7°. — Le collecteur de Saint-Denis, qui reçoit à La Chapelle d'abondantes eaux industrielles, conserva même une température de + 12° à + 17°. — Au débouché en Seine, la quantité de chaleur apportée par les eaux d'égout fut suffisante pour empêcher la rivière de prendre sur la moitié de sa largeur entre Clichy et Argenteuil.

Cette propriété permit de répandre 322.000^{mc} sur la plaine de Gennevilliers, de fondre sur quelques champs l'épaisse couche de neige qui les couvrait et de récolter quelques produits, tels que poireaux, choux, etc.

L'eau de la nappe souterraine, fournie par les drains-maîtres de

la plaine de Gennevilliers, se maintient à + 11° et 12° et produisit à chacun des débouchés de ces drains en Seine des phénomènes de fusion analogues en petit à ceux qui furent constatés à la tête des collecteurs.

18. — Les eaux d'égout. — Association française pour l'avancement des sciences. — Congrès de Reims, 1880. *(Compte-rendu de la 7e Session.)*

Les principes de l'épuration des eaux d'égout par un sol perméable sont rappelés d'après les expériences du laboratoire de Clichy, celles de MM. Schlœsing et Franckland, et d'après les résultats acquis à Gennevilliers. —Ils sont complétés par les résultats récents, étudiés avec le concours de M. Marié-Davy, dans les anciens bassins d'épuration chimique. Ces bassins, de 85 m.q. de superficie et 2 mètres de profondeur, ont été remplis de terre siliceuse, empruntée à la plaine de Gennevilliers; ils étaient maçonnés au fond et sur les côtés, et munis à leur partie inférieure de drains. Ils portaient des cultures diverses. — Aucune parcelle de l'eau versée en irrigation ne pouvait ainsi échapper à l'observation; elle ne pouvait qu'être évaporée par les plantes ou recueillie par les drains. L'évaporation s'est manifestée avec une puissance singulière : sur 72.000 m.c. versés à l'hectare, 1/30 seulement descend aux drains, les 29/30 sont évaporés.

L'eau recueillie par les drains est chimiquement pure. Au point de vue des microgermes, 1 centimètre cube n'en contient que 13 à 24, tandis que l'eau de pluie en renferme 35, l'eau de la Vanne 62, l'eau de Seine 1.200 et l'eau d'égout 20.000. — En même temps, M. Miquel démontrait que le sol humide retenait tous les germes et que l'air le plus chargé se purifiait en passant à travers une terre sursaturée de matières infectes, mais humide.

L'état sanitaire des cultivateurs de Gennevilliers est reconnu des plus satisfaisants; les anciennes craintes sur les fièvres de tous genres ont disparu. — 500 habitants nouveaux sont venus se fixer au milieu des terrains irrigués. — La surface arrosée avait atteint

357 hectares en 1878, 380 hectares en 1879, 430 hectares en 1880. Au 1er août 1880, le cube consommé en irrigations atteignait déjà près de 10.000.000 m. c. Les doses se maintiennent, en pratique, entre 40.000 et 50.000 m. c. à l'hectare. La municipalité de Gennevilliers, revenant sur des réclamations présentées antérieurement, demande le maintien des eaux d'égout sur son territoire pour une période ferme de douze années.

Le Conseil municipal de Paris, par une délibération en date du 23 juin 1880, donne une nouvelle approbation à la continuation des irrigations dans la plaine de Gennevilliers et à l'extension de l'opération aux terrains domaniaux d'Achères. Il invite le Préfet de la Seine à demander au Gouvernement les pouvoirs nécessaires pour réaliser cette opération et à faire poursuivre les études sur les autres caps perméables de la Seine. Il vote les fonds nécessaires pour la première machine élévatoire destinée au service d'Achères (machine de 700 chevaux. Crédit de 335.000 francs). — Il pose enfin les principe de l'assainissement intérieur de Paris, en votant l'envoi des matières de vidange aux égouts et l'achèvement du réseau souterrain de Paris.

19. — Réponse à l'article publié dans la *Revue des Deux-Mondes*, par M. Aubry-Vitet, sur la question des égouts de Paris. — *(Publication administrative. Chaix, 1880.)*

Dans un article publié dans la *Revue des Deux-Mondes,* M. Aubry-Vitet, ancien Conseiller général de Seine-et-Oise, avait repris la thèse de l'épuration chimique des eaux d'égout et avait préconisé l'emploi de la chaux. Il est répondu à M. Aubry-Vitet que les essais relatifs à ce réactif sont fort anciens et ont partout échoué misérablement. En Angleterre, Frankland a trouvé que la chaux ne retenait que moins de 50 0/0 des matières organiques fermentescibles. En France, les essais, faits en 1867 et 1868, n'ont donné que 34 0/0 d'azote retenu dans le dépôt. Même pour obtenir ce résultat insuffisant, il faudrait changer constamment les doses de réactifs, suivant les variations si fréquentes de composition des eaux d'égout.

La manutention des dépôts offrirait les plus grandes difficultés pratiques; leur préparation exigerait l'apport de 75 à 100 tonnes de chaux vive par jour, le déversement de lait de chaux sur un long seuil de 2.300 mètres de longueur, 10 hectares de bassin de dépôt, dont les eaux plus ou moins claires pourraient entrer en fermentation, 30 hectares de séchoirs recevant chaque jour 4.000 tonnes de boues. Et ces dépôts d'une maigre valeur agricole, appauvris encore par les décompositions ultérieures causées par la chaux ne sauraient se placer avantageusement dans la culture. La dépense de premier établissement du système serait de 21 millions; la dépense annuelle d'exploitation de 4.200.000 francs. L'opération serait ruineuse et insuffisante. Les faits relatifs aux irrigations de Gennevilliers et les traits principaux du projet d'extension vers Achères sont ensuite rectifiés, et notamment il est expliqué que sur les 1.200 à 1.400 hectares de terrains domaniaux, l'épuration se fera comme à Gennevilliers par des raies où coulera l'eau et des billons où pousseront les plantes, et non par une submersion générale, comme l'indiquait M. Aubry. L'utilisation agricole commencera dès le premier jour avec l'épuration due au sol; elle se développera avec le concours des intéressés.

20. — État de la question des eaux d'égout en France et à l'Étranger. — *(Annuaire de la Société des Agriculteurs de France 1881.)*

Le périmètre irrigué en 1880 a atteint 430 hectares. Le cube d'eau d'égout consommé s'est élevé à 15 millions de mètres cubes. De forts drains de $0^{m},45$ de diamètre ont été construits en 1879-1880 sur 5.000 à 6.000 mètres de développement, entourent le village et traversent les surfaces irriguées; ils assurent une limite aux crues de la nappe et fournissent par 4 orifices 15.000 à 20.000 mètres cubes d'une eau d'une fraîcheur et d'une limpidité parfaites. La prospérité des cultures, la santé des habitants, les relations avec la municipalité ne laissent rien à désirer.

A la suite du vote du Conseil municipal de Paris, en date du 23 juin 1880, approuvant la continuation et l'extension du système, le

Gouvernement a soumis l'affaire au Conseil général des Ponts et Chaussées : une décision ministérielle du 25 février 1881 porte qu'il y a lieu de déclarer l'utilité publique des travaux destinés à conduire les eaux d'égout sur les terrains domaniaux d'Achères. De son côté, le Conseil d'État adoptait un projet de loi général sur l'aménagement des eaux, autorisant les villes à exproprier les terrains nécessaires à l'épuration de leurs eaux d'égout, dont la projection dans les fleuves serait interdite.

Des détails sont donnés sur les irrigations de Dantzig, Berlin, Breslau, qui sont faites à l'aide des eaux d'égout de ces trois villes, additionnées de toutes les matières de vidange qui sont versées aux égouts.

21.—État de la question des eaux d'égout en France et à l'étranger.
(Annuaire de la Société des Agriculteurs de France 1882.)

Le périmètre irrigué atteint 500 hectares; la consommation en eau d'égout est de près de 20 millions de mètres cubes, c'est-à-dire du quart du débit total des collecteurs.

Un traité passé entre la commune de Gennevilliers et la Ville de Paris régularise pour douze ans les irrigations dans la plaine, en assurant pour cette période la jouissance de l'eau d'égout aux cultivateurs et le libre usage de tous les chemins à la Ville de Paris pour la pose des conduites de distribution. L'opération est terminée à Gennevilliers; le périmètre irrigué achèvera de se développer sur les 200 ou 300 hectares encore disponibles. La Ville a consacré environ 4 millions de frais de premier établissement pour réaliser cette première étape de l'œuvre d'assainissement de la Seine.

En ce qui concerne l'achèvement de cet assainissement, le Ministre des finances, par une dépêche du 23 janvier, se déclare prêt à céder les terrains domaniaux d'Achères, moyennant un prix de 4.500.000 francs. Le Conseil municipal accepte cette base de cession, avec un certain nombre de modifications et de clauses accessoires, par un vote du 13 juin 1882. Il reste à présenter aux

Chambres le projet de loi conforme; cette démarche n'est retardée que par des difficultés soulevées par l'Administration des forêts. — Les machines de 700 chevaux, destinées à former le premier élément de l'usine du service haut, sont mises en marche à titre d'essai et servent provisoirement de renfort et de relai pour le service de la plaine de Gennevilliers. Une dernière consécration aux principes de l'épuration par le sol est donnée par deux Commissions : l'une nommée par le Ministre du commerce en 1880-1881, à propos des *odeurs de Paris*, déclare : « que le système d'épuration des eaux » d'égout par le sol est jusqu'à présent le seul dont l'efficacité ait » été démontrée, et par les nombreuses et anciennes applications qui » en ont été faites et par l'analyse chimique », et « que le sol de la » presqu'île de St-Germain, par sa position relativement au niveau » des collecteurs, par sa configuration, son épaisseur et sa nature, se » prête parfaitement à l'épuration des dites eaux ». Elle ne fait de réserves que sur l'addition des vidanges aux égouts, qu'elle repousse. Cette dernière difficulté est levée en ce qui concerne les eaux d'égout et leur épuration par le sol, par l'avis de la deuxième Commission, dite de l'assainissement de Paris, nommée par M. le Préfet de la Seine, qui conclut en ces termes : « Les eaux d'égout » de la Ville de Paris, prises dans leur état actuel, c'est-à-dire con- » tenant une forte proportion de matières excrémentitielles, peuvent » être soumises au procédé d'épuration par le sol, sans danger pour » la santé publique. »

Les faits recueillis en Angleterre et le mouvement général de développement des Sewage farms sont d'accord avec les conclusions adoptées pour Paris.

II.—ASSAINISSEMENT MUNICIPAL EN GÉNÉRAL

1. — Communication sur l'Assainissement des villes. — Congrès international du génie civil 1878. — *(Imprimerie nationale et Annales industrielles.)*

Les questions d'assainissement municipal sont nées ou du moins ont pris un caractère évident d'actualité, lorsque les centres habités ont pris les dimensions gigantesques des capitales modernes (Londres 4 millions, Paris 2 millions d'habitants).

Elles comprennent l'assainissement *intérieur* de la ville, c'est-à-dire la sortie rapide et inoffensive de tous les détritus hors de la cité, et l'assainissement *extérieur*, c'est-à-dire la disparition ou mieux l'utilisation de ces détritus effectuée sans gêne et sans danger pour la banlieue.

L'instrument essentiel de l'assainissement intérieur, c'est *l'eau*. Les anciens avaient construit les magnifiques aqueducs de Rome. — Les modernes cherchent à doter leurs cités d'eau fraîche et salubre. — Une dose de 150 litres disponibles par tête et par jour est un minimum. A Paris, un tiers seulement de l'eau distribuée pénètre dans les habitations ; le reste est consacré aux services publics ; à Londres, la proportion est renversée; les 2/3 aux 3/4 sont absorbés par le service privé et contribuent à l'admirable hygiène intérieure des maisons anglaises. — L'eau destinée aux usages domestiques doit être la plus pure possible ; les eaux de source, amenées par de longs aqueducs, présentent cette qualité avec une invariabilité précieuse de température, 11° à 12°. Elles reviennent en général plus cher que les eaux des rivières, élevées sur place par des machines (à Paris 7 centimes contre 3 centimes le mètre cube). — Les services publics d'arrosage et de lavage, et les services industriels ou des water-closets peuvent se contenter de ces dernières. De là l'utilité d'une double canalisation dans les rues, l'une d'eau de

source, l'autre d'eau de rivière. — Paris en 1877 disposait par jour de 291.000 m c., dont 94.000 m. c. d'eau de source, et le reste provenant du canal de l'Ourcq, de la Seine et de la Marne. Ces eaux sont réunies d'abord dans de vastes réservoirs, d'où, grâce aux conduites en métal, elles peuvent arriver en pression en tous les points et à tous les étages de la ville : ce principe de la distribution en charge est commun à toutes les distributions modernes et ne pouvait être pratiqué par les anciens qui n'avaient pas à leur disposition les mêmes matériaux.

Les détritus qui sortent de la maison sont : les eaux ménagères, les matières de vidange, les ordures solides.

Les eaux ménagères doivent être évacuées par des tuyaux verticaux ou aussi inclinés que possible, avec des siphons intercepteurs entre la maison et l'égout public. Ce dernier est relié à la canalisation intérieure, soit par de simples conduites, soit par de vrais égouts renfermant les conduites d'eau.

Les vidanges, dans la plupart des pays étrangers, notamment à Londres, Bruxelles, Berlin, sont traitées comme les eaux ménagères et gagnent, comme elles, l'égout public avec interposition de siphons hydrauliques ; l'eau est, dès lors, introduite largement dans les maisons, dont elle assure la salubrité. — Dans d'autres pays, à Paris, par exemple, les matières sont retenues dans des fosses, souvent d'une imperméabilité douteuse, où elles séjournent plusieurs mois et envoient par des tuyaux d'évent des effluves infectes dans l'atmosphère. — Un système mixte, la tinette-filtre, envoie les liquides aux égouts et retient les corps solides ; c'est l'écoulement direct et total à l'égout dissimulé et compliqué.

Les ordures solides sont placées dans des récipients dont le contenu est enlevé plus ou moins régulièrement par l'éboueur public. Leur séjour à ciel ouvert sur la voie publique, le long des ruisseaux, a été trop longtemps la règle. Il a fallu, à Paris, le siège de 1870 pour améliorer un peu ce service, qui grève néanmoins la Ville d'une charge de plus de 2 millions par an.

Le réseau des égouts entraîne hors la ville les eaux pluviales, les eaux ménagères et les vidanges, dans le cas de l'écoulement

total ou partiel. Les premiers égouts étaient les ruisseaux à ciel ouvert qui passaient par les points bas des villes et venaient se déverser dans la rivière la plus voisine. — Les modernes ont imaginé les *collecteurs* qui interceptent les égouts secondaires avant leur arrivée au fleuve et reportent les eaux qui infectaient nos quais en aval de la ville. — Le réseau des égouts, s'étendant sous toutes les voies publiques, forme un véritable système veineux, emportant les eaux usées, tandis que la distribution d'eau potable avec ses conduites d'eau pure forme le système artériel de la Ville. — Les égouts sont construits suivant deux systèmes : le système français, dû à Belgrand, où les dimensions sont suffisantes pour laisser un libre passage aux ouvriers et pour loger les conduites d'eau et toutes les canalisations télégraphiques, téléphoniques, etc. ; les plus grands types ont une cunette, qui reçoit les eaux d'égout ordinaires; la voûte supérieure est calculée pour recevoir les plus grandes averses. Des bateaux-vannes et wagons-vannes assurent le curage, lorsque la pente est insuffisante. Dans le système anglais, les dimensions sont généralement moindres; l'accès est plus difficile, les visites moins fréquentes, la dépense moins considérable; on compte plus volontiers sur le mouvement de l'eau elle-même pour entraîner les matières; les derniers éléments du système sont quelquefois de simples tuyaux. On en exclut avec soin les sables et matières solides. Les réseaux d'égout présentent quelquefois des parties toutes spéciales; telles sont, à Londres, les usines établies en divers points du réseau, qui donnent mécaniquement, par une élévation artificielle, la pente que n'offrait pas le relief du sol; tel est à Paris le siphon du pont de l'Alma, double tube métallique par lequel les eaux du collecteur de la rive gauche passent sur la rive droite de la Seine; ce siphon est dégagé de tout engorgement par une boule en bois qui y est lâchée de temps à autre et qui pousse devant elle les détritus solides.

A *l'extérieur* des villes, les ordures ménagères deviennent les gadoues, engrais couramment employé dans les banlieues, plus incommode que dangereux par ses émanations.

Les vidanges, lorsqu'elles sont isolées des eaux d'égout, créent

des difficultés de toutes sortes. Simplement étendues à l'air sur des séchoirs, elles donnent la poudrette, engrais de moyenne valeur (1 à 2 0/0 d'azote); cette manutention est barbare et empoisonne le voisinage des voiries. Traitées à chaud dans des appareils distillatoires, en présence de l'acide sulfurique, elles donnent du sulfate d'ammoniaque, engrais riche, dosant 21 0/0 d'ammoniaque. Mais ce traitement, progrès incontestable par rapport à l'ancienne fabrication de la poudrette, est accompagné, jusqu'ici, en pratique, d'émanations infectes qui empoisonnent les banlieues et sont souvent rejetées par le vent sur la ville elle-même.

L'isolement des vidanges a pour corollaire obligé le maintien de la fosse fixe avec tous ses inconvénients, l'extraction plus ou moins infecte, le transport au tonneau, etc. — Lorsque les vidanges sont réunies aux eaux d'égout, leur traitement extérieur se confond avec celui de ces dernières; la pratique apprend, et les analyses de Frankland démontrent que les caractères des eaux d'égout restent les mêmes dans les deux cas.

L'épuration des eaux d'égout peut et doit se pratiquer par l'action d'un sol naturellement ou artificiellement perméable. — Les procédés mécaniques de filtration ou de dépôt, les procédés chimiques d'épuration donnent une eau plus ou moins claire, mais renfermant toujours une forte proportion de matières organiques fermentescibles. Les dépôts sont difficiles à manier et à utiliser. Le sol perméable oxyde et minéralise les matières organiques et ammoniacales (Frankland, Schlœsing et Müntz). Une partie, devenue inoffensive, peut descendre dans la nappe souterraine ou aux drains sans altérer les eaux affluentes; la majeure partie est utilisée par la végétation (Fermes anglaises, irrigations de Gennevilliers). L'utilisation agricole n'est, du reste, qu'un moyen d'épuration; on s'exposerait à de graves mécomptes, si on la prenait comme but unique et si l'on pensait que les énormes dépenses nécessaires pour réunir ces eaux d'égout d'une grande ville dans les collecteurs, pour les élever mécaniquement, pour les distribuer sur le sol, constituaient une bonne affaire pour les municipalités; c'est un *devoir* d'assainissement qui s'impose à celles-ci; le bénéfice reste

presque tout entier pour le cultivateur qui reçoit le liquide fertilisant à bas prix et sait en tirer parti à ses risques et périls.

2. — Congrès international d'hygiène de Paris en 1878. — Deuxième question. — De l'altération des cours d'eau. — Rapport (en collaboration avec MM. Schlœsing et Proust). — *(Compte rendu. — Imprimerie nationale, 1880.)*

La question d'altération des cours d'eau et des moyens d'y apporter remède est étudiée d'une manière générale. Les travaux antérieurs des Commissions françaises et anglaises et de divers auteurs sont rappelés et analysés.

Dans un premier chapitre, l'altération des cours d'eau par les eaux d'égout est spécialement étudiée : le cube de ces eaux est trouvé de 100 à 150 litres par habitant et par jour pour les villes ordinaires et du double pour les villes industrielles. Leur composition varie d'une ville à l'autre (près de 3 kilogrammes de matières contenues à Paris, avec $0^k,045$ d'azote; $1^k,3$ de matières totales et $0^k,080$ d'azote à Londres au mètre cube). Les analyses de Frankland apprennent qu'il y a une différence minime entre la composition des eaux d'égout des villes à fosses fixes et des villes à water-closets et à envoi direct à la canalisation publique ($1^k,215$ de matières totales et $0^k,064$ d'azote pour les premières ; $1^k,169$ et $0^k,077$ d'azote pour les secondes). Partout les eaux d'égout ont une température qui échappe aux extrêmes ; elles ne gèlent jamais en hiver. Le déversement des eaux d'égout dans les fleuves produit une altération profonde décrite, pour la Seine, dans les divers rapports antérieurs, très sensible à Londres, à Barking et à Crossness, insupportable aux environs des villes populeuses et industrielles de l'Angleterre. L'autorité supérieure est intervenue dans les divers pays pour prescrire les mesures nécessaires ; plusieurs décisions ministérielles, en France, ont rappelé les anciens règlements qui défendent la projection des immondices dans les cours d'eau. Une loi spéciale (The River pollution act) a été votée en Angleterre (août 1876).

Les divers procédés proposés ou essayés sont passés en revue :

les procédés purement mécaniques sont condamnés, comme insuffisants et chers. Même conclusion pour les procédés d'épuration chimique : aux faits connus pour la France, sont joints les résultats si nets obtenus par les Commissions d'enquête anglaises et spécialement par le Dr Frankland. Les nombreux systèmes chimiques examinés n'ont retiré des eaux d'égout que 37 0/0 de l'azote organique et 28 0/0 du carbone organique dissous. Quant aux procédés naturels, les conclusions sont celles qu'ont adoptées unanimement toutes les Commissions françaises, anglaises, allemandes : un sol perméable, baigné d'air, oxyde les matières organiques et ammoniacales et les transforme, en présence de bases, en azotates minéraux inoffensifs. La végétation intervient pour utiliser ces azotates et pour évaporer une forte proportion d'eau. Les expériences de MM. Schlœsing, Müntz et Frankland sont exposées en détail; les chimistes français attribuent cette action à la présence d'un microbe spécial, dont ils démontrent l'influence prépondérante en baignant de chloroforme leurs tubes d'expérience, ce qui arrête immédiatement l'action oxydante, laquelle ne reparaît qu'après un lavage énergique. L'examen du sol et des eaux de Gennevilliers et des nombreuses fermes à *sewage* d'Angleterre confirme, par la pratique, les principes théoriques de l'opération. Les règles générales pour l'élévation et la distribution des eaux sont posées : les machines et pompes doivent être simples, à grands orifices libres, pour permettre le passage des corps solides. Le réseau de distribution peut être économiquement installé à l'aide de conduites en béton, les rigoles à ciel ouvert étant réservées pour les derniers éléments de répartition sur les champs irrigués. Les arrosages doivent être réglés avec méthode, de manière à permettre le mouvement successif des eaux et de l'air dans le sol. Sur les terrains perméables, les doses peuvent atteindre et dépasser 50.000 à 100.000 mètres cubes à l'hectare et par an. Les rendements agricoles restent considérables, même à ces fortes doses. Les produits sont d'excellente qualité. La plus-value agricole s'accuse par l'élévation du taux des locations passées, à Gennevilliers par exemple, de 100 francs à 450 francs. Il convient de ne pas confondre cette

plus-value incontestable, avec un bénéfice direct pour les municipalités qui doivent, au contraire, consentir, au moins au début, des sacrifices considérables pour assurer leur assainissement extérieur. Un exposé sommaire de l'état de la question à Paris, dans diverses villes de province et à l'étranger, termine le chapitre des eaux d'égout.

Dans un second chapitre est étudiée l'altération des cours d'eau par les établissements industriels. Ces établissements sont classés d'après leur influence plus ou moins funeste sur les cours d'eau voisins. Les remèdes à recommander sont l'éloignement des matières inertes et encombrantes, la neutralisation des produits corrosifs ou toxiques, et enfin, dans un grand nombre de cas, l'action du sol perméable (distilleries, fabriques de drap, etc).

Enfin, la dernière partie du rapport, rédigée tout entière par M. le docteur Proust, traite la question au point de vue médical; M. Proust signale les dangers qu'offrent les cours d'eau dont les eaux sont gravement polluées et démontre l'innocuité des irrigations à l'aide des eaux d'égout ou des eaux industrielles.

3. — Congrès international d'hygiène de Genève en 1882. — 3e section. — Vidanges et égouts. — Communication. — *(Compte rendu du Congrès et chez Chaix, 1883.)*

Les conditions d'un bon assainissement municipal se traduisent par une diminution dans les chiffres de la mortalité annuelle. En 1881, la mortalité à Paris était de 29 sur 1.000, à Londres 21, à Bruxelles 24. Une réduction de 10 cas sur 1.000 dans la mortalité d'une ville comme Paris représente, indépendamment de toute question morale et hygiénique, une économie de plusieurs centaines de millions dans l'activité productive du pays. — Les détritus des grandes villes proviennent de la vie de millions d'habitants concentrés sur un petit espace et de leur énorme consommation de produits divers, plus d'un million de tonnes à Paris.

Ces détritus sont de trois sortes: résidus solides (ordures ménagères, poussières et boue de la voie publique); eaux ménagères et

eaux de pluie; vidanges solides et liquides. Le principe de l'assainissement municipal se résume dans ces mots : « Circulation, jamais de stagnation. »

La réception, le transport et le traitement de ces diverses matières sont examinés successivement : les ordures ménagères, enlevées par le service de l'ébouage, moyennant une dépense annuelle de 1 à 2 francs par tête d'habitants, sont portées plus ou moins loin des villes pour former les gadoues. — Les vidanges isolées dans les fosses fixes ont les inconvénients signalés précédemment; l'eau, introduite de plus en plus abondamment dans les maisons, encombre les fosses et appauvrit les matières, dont le traitement industriel devient de jour en jour plus difficile; une forte partie des vidanges échappe du reste toujours aux fosses, versées par les plombs des maisons d'ouvriers, les urinoirs, etc., (à Paris, il ne reste dans les fosses que le 1/4 de l'azote contenu dans les excréments des habitants). — L'usage abondant de l'eau n'est pas compatible avec la fosse fixe. Le propriétaire paie de 0 fr. 10 c. à 0 fr. 35 c. le mètre cube d'eau introduit dans sa maison et 6 à 7 francs le mètre cube de liquide extrait des fosses. L'eau est cependant l'instrument essentiel de la salubrité; des doses de 150 à 300 litres sont indispensables, et les sources doivent fournir les eaux alimentaires, tandis qu'on peut emprunter aux rivières les eaux de lavage. Les principes des réseaux d'égout, leur disposition suivant les méthodes françaises et anglaises, l'épuration de leurs eaux par le sol sont exposés conformément aux lignes générales des communications précédentes.

4. — École des Ponts et Chaussées. — Conférence sur l'assainissement municipal. — Programme. — *Autographie.* **— (1869-1878.)**

Les conférences faites pendant neuf années à l'École des Ponts et Chaussées sur l'assainissement municipal, ont été le développement des communications résumées ci-dessus, avec quelques développements techniques complémentaires.

III. — ASSAINISSEMENT DE PARIS

1. — L'assainissement municipal de Paris pendant le Siège. — *(Compte rendu de l'Académie des sciences,* 1871. — *Annales des Ponts et et Chaussées,* 1871.*)*

L'investissement de Paris avait rendu particulièrement délicates les opérations d'assainissement municipal pendant le siège.

Pour les vidanges, la voirie de Bondy se trouvant sur les limites des avant-postes, le refoulement des matières sur les bassins dut être suspendu ; ces matières furent envoyées du dépotoir de La Villette dans un égout qui traverse Pantin et ramène ordinairement en Seine les eaux usées de la voirie. Dans l'intérieur de la ville, les opérations de vidanges ne furent pas poussées à fond dans les fosses ; les liquides furent seuls transportés au dépotoir, et à la fin du siège, en l'absence de chevaux, coulés directement aux égouts.

Le cube des eaux d'égout descendit à la moitié et au tiers de son volume normal par suite de la faible quantité d'eau distribuée et de la cessation des lavages de ruisseaux. Les têtes des collecteurs furent défendues hors Paris par des masques en terre et charpente.

Quant aux ordures ménagères, un arrêté du 11 septembre 1870 prescrivit de cesser leur dépôt le soir le long des trottoirs ; elles durent être apportées, chaque matin, dans des récipients spéciaux, au moment où le son d'une cloche annonçait le passage des tonneaux d'ébouage. C'est encore l'arrêté qui règle la matière et qui a mis définitivement fin aux anciens abus qu'aggravait l'industrie du chiffonnage.

2. — L'assainissement municipal de la Ville de Paris. — Droits, devoirs, réformes. — *(Autographie,* 1871.*)*

La situation de l'assainissement municipal, telle qu'elle se présentait en 1870, est analysée et un programme général de réformes est présenté.

Les *vidanges* comportaient presque uniquement la fosse fixe (83 0/0 des chutes), avec l'extraction à main, le transport au dépotoir, le refoulement à Bondy. Les tinettes filtrantes n'étaient appliquées qu'à 2 0/0 des chutes. Le service des vidanges coûtait 6 millions par an à la population parisienne. La Ville percevait 500.000 francs environ à la voirie de Bondy sur la Compagnie Richer, concessionnaire par traités successifs, dont le dernier expirait en 1870. — Les conséquences du système était l'infection des maisons par les fosses, la guerre à l'eau, l'infection des rues par les opérations d'extraction et de transport des matières, l'infection de la banlieue aux environs de Bondy avec un misérable résultat d'utilisation ; 1/5 seulement de l'azote était retenu à l'état de poudrette ou sulfate d'ammoniaque ; la moitié était renvoyée à la Seine avec les eaux usées ; le reste disparaissait par décomposition et évaporation.

Les égouts étaient, dès cette époque, dans une situation meilleure. — Les trois collecteurs, rive droite, rive gauche et départemental étaient construits : le réseau comportait 560 kilomètres de galeries. Un cinquième des maisons avaient leurs branchements construits. Les égouts recevaient les eaux pluviales et ménagères, les boues liquides du macadam et une fraction des vidanges (tinettes, écoulements directs de l'Ecole militaire, des Invalides, etc., urinoirs publics, plombs, etc.). Le curage, dirigé par M. Belgrand, avec ses bateaux et wagons-vannes, coûtait 1.300.000 francs. Les égouts de Paris absorbaient sans peine les plus grandes averses et conduisaient les eaux à Clichy et à Saint-Denis. Là se produisait l'infection signalée dans les mémoires spéciaux relatifs aux eaux d'égout.

Les ordures ménagères venaient d'être soumises à une nouvelle réglementation : jusque-là elles étaient versées, dès le soir, le long des ruisseaux où elles séjournaient toute la nuit, remuées et éparpillées par une armée de 9.000 chiffonniers. La dépense d'enlèvement des ordures était de plus d'un million.

La situation réglementaire et légale de l'assainissement ainsi réalisé pratiquement est discutée : les divers arrêtés et ordonnances sont énumérés. Ils sont appréciés en se basant sur les prin-

cipes suivants : — Nul n'a le droit de nuire à autrui ; par suite, l'habitant doit se soumettre à toute réglementation qui a pour objet d'empêcher que les résidus de sa vie journalière deviennent une gêne ou un danger pour la collectivité des citoyens ; la ville elle-même ne peut hors de ses murs rejeter tous ses détritus sans se préoccuper de ses voisins de la banlieue. — D'autre part, l'Administration, en remplissant son devoir et exigeant la juste rémunération des dépenses qu'elle fait pour l'assainissement général, ne doit pas exagérer ses taxes et faire une sorte d'exploitation financière de la salubrité. — Enfin, lorsqu'on examine les procédés à employer au dehors pour faire disparaître ou utiliser les détritus de la ville, la restitution des éléments fertilisants au sol doit être un procédé, mais non le but unique à atteindre ; la ville, qui a payé aux cultivateurs les produits qu'elle consomme, a le droit et le devoir de chercher à se débarrasser le plus économiquement possible des détritus qui suivent la consommation de ces produits. — Partant de ces principes, aucune critique n'est adressée aux prescriptions relatives aux fosses et aux opérations de vidange ; Bondy, au contraire, réunit le dommage pour les voisins à un gaspillage des éléments utiles. Pour les égouts, un abus est constaté dans l'obligation alors imposée aux propriétaires de faire exécuter leurs branchements par un entrepreneur choisi administrativement sans leur concours ; les dimensions de ces branchements semblent exagérées (2^m,30 de hauteur) en ce qui concerne uniquement l'écoulement des eaux sales, dont le mouvement se ferait mieux dans un simple tuyau. — Au débouché des collecteurs, le déversement des eaux d'égout en Seine est contraire non seulement aux principes de l'hygiène, mais encore aux prescriptions des anciennes ordonnances.

La solution indiquée pour le programme général d'assainissement de Paris repose sur l'épuration des eaux d'égout, chargées ou non de vidanges. Les faits, acquis dans les essais de Clichy et de Gennevilliers, sont analysés, et la puissance d'épuration du sol est mise en évidence. Dès lors, conformément à l'avis que venait officiellement d'émettre l'éminent M. Belgrand, les vidanges peuvent être envoyées directement aux égouts, comme elles le sont à Londres et

à Bruxelles, et à Paris même, depuis longues années à l'hôtel des Invalides et dans quelques autres établissements publics. La voirie de Bondy disparaît du même coup. — Une usine élévatoire est préparée à Clichy pour élever la totalité des eaux d'égout. Une dépense de 10 millions permettrait de créer cette usine avec un canal d'irrigation, traversant la plaine de Gennevilliers, et s'arrêtant provisoirement en face d'Argenteuil; des bassins de clarification chimique auraient pu, à la rigueur, dégrossir les eaux jusqu'à leur complète épuration par le sol. Ce projet avait reçu, le 30 juillet 1870, l'approbation ministérielle. La transformation des vidanges à l'intérieur de Paris était, du reste, laissée facultative; on comptait sur les avantages évidents et l'économie du système pour décider librement les propriétaires à bref délai. — Il était facile, à l'aide de taxes municipales spéciales peu élevées, de rembourser à la Ville les frais d'exploitation, cotés à 3.500.000 francs, et même l'intérêt et l'amortissement des capitaux engagés.

3. — Quantités de matières azotées expulsées chaque jour de Paris.

(Annales des Ponts-et-Chaussées, 1872.)

Le calcul des matières azotées expulsées de Paris donne, en 1872 :

Vidanges : (telles qu'elles sont extraites des fosses).	1.650^{mc}	dosant	6.717^{k}	d'azote.
Eaux d'égout	262.642	»	12.350	»
Ordures ménagères	1.100	»	6.105	»
		Total.	25.172^{k}	»

Soit pour l'année : 9.187.780^{k}.

D'autre part, l'azote de l'ensemble des matières consommées en un an par une population de 1.825.274 habitants s'élève à 9 millions 146.774^{k}. — La similitude des deux chiffres est signalée.

4. — Les égouts de Paris. Société des Ingénieurs civils. — Séance du 18 mars 1881. — *(Annuaire de la Société.)*

L'état de l'assainissement de Paris, les réformes en cours ou projetées sont exposés sommairement.

La distribution d'eau en 1879 comportait 324.000 mètres cubes

par jour, soit plus de 150 litres par tête, chiffre égal ou supérieur à celui de la plupart des grandes villes d'Europe. — 127.000 mètres cubes servaient à l'alimentation, le reste passait aux services publics. — Le but à atteindre est que, par une double canalisation, l'eau des sources (126.000 mètres cubes) serve uniquement à l'alimentation, les eaux de rivière et d'Ourcq aux services publics. Des travaux sont en cours pour arriver à un cube disponible de 500.000 mètres cubes par jour.

Pour les vidanges, les fosses fixes commencent à être universellement condamnées. — Dès 1869, les 1.700 mètres cubes extraits des fosses et amenés au dépotoir de La Villette ne dosaient que 5.950 kilogrammes d'azote, tandis que la production totale journalière de Paris devait donner 23.630 kilogrammes d'azote. Donc les fosses fixes, avec tous leurs inconvénients intérieurs et extérieurs, ne retenaient que le quart des matières. — Et c'est dans ces conditions que les maisons d'ouvriers sont infectes, que l'eau est considérée si souvent comme une ennemie. — La suppression des fosses fixes et l'envoi des matières aux égouts peut se faire progressivement, à mesure que les égouts seront aménagés et qu'on saura bien utiliser les 120.000 mètres cubes qui sont consacrés dès aujourd'hui à laver les ruisseaux et les égouts. — Les égouts ont une longueur de 633 kilomètres et avec les branchements de 837 kilomètres. Ils ont été conçus par M. Belgrand de manière à absorber les plus fortes averses et à recevoir toutes les canalisations, sauf le gaz; ils sont partout accessibles, de telle sorte qu'il n'y a pas besoin d'éventrer à chaque instant le sol et de remuer des terres imprégnées de matières organiques.

Leur pente est analogue, en général, à celle des réseaux étrangers. Les inconvénients qu'ils ont pu présenter dans certaines parties à faible pente provient spécialement de la projection exagérée de sables et matières lourdes de la chaussée, les bouches peuvent recevoir des dispositions analogues à celles de l'étranger pour éviter ces défauts locaux.

Les procédés de curage et de chasse dus à M. Belgrand assurent un entretien supérieur à l'entretien du réseau de Londres et de

Bruxelles. Quant à la destination des eaux d'égout, chargées ou non des vidanges, l'expérience de Gennevilliers et celles de l'Angleterre montrent la supériorité de l'épuration par le sol sur tout autre procédé et permettent d'assurer l'assainissement complet de la Cité à l'extérieur. Les travaux de MM. Schlœsing, Marié-Davy, etc.; les décisions de l'Administration et les votes du Conseil municipal sont cités et résumés. Depuis 1870, les dépotoirs et les usines à sulfate d'ammoniaque se sont multipliés et forment une sorte de ceinture autour de Paris; ils disparaîtront dès que le nouveau système fonctionnera.

5 — Assainissement de Paris. Commission du Ministère de l'Agriculture et du Commerce. Observations des Ingénieurs du service municipal de Paris. — (*Publication administrative chez Chaix et Annales industrielles,* 1881.)

La Commission ministérielle concluait à l'exclusion des vidanges fraîches des égouts et à l'établissement de deux systèmes de conduites et appareils spéciaux. Pour les eaux d'égout (voir § I, nº 21), elle admettait l'épuration par le sol, notamment sur les terrains domaniaux d'Achères.

En réponse aux deux premières conclusions, il est présenté tout d'abord une statistique de la quantité et de la qualité des détritus expulsés chaque jour de Paris. On fait remarquer que les fosses fixes ne retiennent que le quart de l'azote produit chaque jour par la population, et que, d'autre part, les matières sont presque pures dans les quartiers pauvres, malpropres et insalubres, tandis qu'elles comportent trois fois et jusqu'à dix fois leur volume d'eau dans les quartiers riches et sains. On donne les cubes d'ordures ménagères (1.200 à 1,500 m. c.) et celui des eaux d'égout (260.000 à 300.000 m. c.) ainsi que la quantité d'eau consacrée aux lavages publics (139 mille mètres cubes).

En ce qui concerne les odeurs de Paris, dont l'examen était l'objet spécial des travaux de la Commission, il est pris acte de la déclaration de la Commission, portant qu'elle n'a pas constaté d'infection à l'orifice de la plupart des bouches d'égout, tandis qu'elle

constate les odeurs, si pénétrantes, qu'exhalent les dépotoirs et voiries des environs de Paris.

Quant aux mesures proposées par le rapporteur de la Commission, le premier système consistant en une fosse métallique de 4 à 6 m. c., vidangée par un petit regard situé sous les trottoirs, avec tuyau d'évent et grille de filtrage, il présente tous les inconvénients de la fosse fixe actuelle, aggravés par la faible capacité de la cuve métallique et la fréquence des extractions. Le deuxième système comprend une cuve de plus petite dimension, reliée à une canalisation métallique, placée dans les égouts et où les matières sont aspirées par machines faisant le vide. Ce système laisse encore séjourner les matières un certain temps dans les sous-sols, ne les sépare pas par un siphon hydraulique du tuyau de chute, exige l'enlèvement des grilles filtrantes indispensables pour assurer le service des robinets ou flotteurs, oblige tous les propriétaires à des installations intérieures compliquées et coûteuses, inapplicables dans les maisons ouvrières, s'oppose au large usage de l'eau, puisque les frais d'exploitation des usines aspiratrices croîtront avec le cube à extraire, ajoute une nouvelle canalisation compliquée à toutes celles dont l'égout est déjà chargé, exige une dépense totale de 100 à 150 millions, et laisse enfin, sans solution dans la banlieue, la question de traitement des matières de vidanges. L'isolement et la concentration de ces matières conduisent fatalement aux dépotoirs, aux voiries, aux fabriques de sulfate et d'ammoniaque. Le système d'évacuation des vidanges aux égouts est opposé aux deux systèmes de la Commission. Il se résume dans les termes suivants : Évacuation immédiate, par l'intermédiaire de l'eau, de toutes les matières hors de la maison. — Entraînement rapide et continu, sans aucune stagnation, dans la masse des eaux d'égout. — Filtration et épuration par le sol. — Il a comme conséquences : La suppression des fosses. — La suppression des tuyaux d'évent. — La suppression de la vidange. — La suppression des usines de matières fécales dans la banlieue. — En réponse aux objections faites au système, il est démontré que les pentes et les sections des égouts de Paris, sont analogues ou supérieures à

celles des villes où se pratique depuis longtemps sans aucun inconvénient le système d'écoulement à l'égout. — (Pente générale des collecteurs en Europe, $0^m,25$ à $0^m,40$ par kilomètre). — Les parois peuvent être sans peine exécutées en maçonnerie parfaitement étanche; à Gennevilliers, les eaux d'égout sont refoulées en pression dans des conduites maçonnées. — La nature des eaux d'égout de Paris ne sera pas profondément altérée par l'addition des vidanges; elles en reçoivent déjà aujourd'hui une forte proportion par les urinoirs, les 23.000 tinettes, l'écoulement direct des Invalides, de la Monnaie, etc., les plombs des maisons ouvrières. — Les fosses ne retiennent que le quart de l'azote fourni en un jour par la population. — Les analyses de Frankland montrent le voisinage de composition des eaux d'égout des villes à fosses et des villes à water-closets. — Du reste, il s'agit de 2.000 mètres cubes seulement de matières fraîches, qui sont diluées et roulées en quelques heures hors la ville dans un torrent de 300.000 mètres cubes d'eau et qui n'auront eu le temps ni de fermenter, ni de développer leurs germes infectieux. Il n'est fourni aucun fait qui prouve que dans un réseau d'égout bien construit et bien tenu l'addition des vidanges ait eu aucune influence sur la salubrité. La statistique conduit à une conclusion contraire : les décès typhoïdiques sont pour les douze dernières années de 26,45 par 100.000 à Londres, 56 à Paris. A Bruxelles, à Francfort, à Dantzig, à Berlin, le développement du système coïncide sans exception, avec une diminution du taux de la mortalité, spécialement de la mortalité typhoïdique. — Enfin, en ce qui concerne l'application de l'épuration par le sol aux eaux d'égout chargées de matières fécales, il n'est plus mis en doute par personne que l'eau filtrée et oxydée par le sol descend dans le sous-sol à l'état de pureté parfaite. Il resterait les germes retenus à la surface du sol. Le danger serait que ces germes échappassent à l'oxydation si énergique du sol et vinssent se coller sur les produits consommés par les habitants de la ville qui réabsorberaient ainsi les maladies déjà sorties de leur cité.

Il faudrait, pour réaliser cette hypothèse, que la double forme du microbe du charbon, substance molle facilement décomposable, et

corpuscules brillants vivaces, fût la règle générale des germes infectieux; que les lombrics remontassent également tous ces germes; que la terre ainsi infectée restât attachée aux produits comestibles, qu'on ne fît pas cuire ou laver ceux-ci; il faudrait surtout qu'on ne fût pas en présence de l'immense et antique expérience de la culture qui depuis des siècles emploie les excréments des animaux et des hommes comme un précieux engrais, sans que l'humanité ait procédé, par cette pratique séculaire, à son propre suicide.

6 — Commission technique de l'assainissement de Paris. — Préfecture de la Seine. — Résumé de travaux. — (*Publication administrative. — Chaix 1883.*)

La Commission, nommée en octobre 1882, termine la première partie de ses travaux en juillet 1883. Le secrétaire est chargé de les résumer.

La Commission était spécialement chargée de rechercher le meilleur mode de vidange et d'examiner son application à Paris, en étudiant le réseau des égouts et le système actuel d'évacuation des détritus. Elle a tenu 64 séances générales ou de sous-commissions. Elle a tranché la question des eaux d'égout en déclarant que « les eaux d'égout de Paris dans leur état actuel, c'est-à-dire contenant une forte proportion de matières excrémentitielles, peuvent être soumises au procédé d'épuration par le sol sans danger pour la santé publique. »

Partant ensuite de la maison, elle a posé le principe du cabinet spécial à chaque logement, de l'emploi de l'eau dans le cabinet à raison de 10 litres par tête et par jour, du siphon hydraulique à établir entre la maison et l'égout public, du tuyau de chute librement ouvert à sa partie supérieure, ce qui, avec le siphon intercepteur, n'a plus que l'avantage d'une bonne aération de conduites où passent les matières sans y séjourner. Les fosses fixes, les fosses mobiles, les tinettes filtres, et en général tout appareil retenant les matières où empêchant leur libre circulation sont condamnés. L'envoi des matières fécales fraîches est admis pour les égouts, constamment munis d'une eau abondante et pour tous ceux

où des chasses, suffisamment fréquentes et abondantes, seront exécutées; des modifications de détail, notamment l'arrêt des sables aux bouches ou dans des réservoirs spéciaux, l'arrondissement des angles des radiers, l'établissement de réservoirs de chasses, etc., sont présentés pour réaliser le système sur la majeure partie des égouts de Paris. Dans les égouts tout à fait mauvais, où la pente, l'eau, les chasses feraient défaut, des conduites spéciales, placées dans l'égout, recevront les matières et les porteront jusqu'à la galerie régulière la plus voisine. Enfin, pour éviter le reflux et l'arrêt des eaux dans les égouts en cas de crue de la Seine, l'usine élévatoire de Clichy sera modifiée de manière à élever les eaux des collecteurs au niveau des crues et à assurer la permanence de l'écoulement.

7. — Recensement de 1881. — Accroissement de la population dans le département de la Seine et dans les parties limitrophes du département de Seine-et-Oise. Étude de statistique graphique. *(Autographie* 1883.)

Les mouvements de la population de Paris et des environs entre les deux recensements de 1876 et 1881 sont mis en évidence paru ne carte, dans laquelle les accroissements relatifs sont portés au centre de chaque commune et chaque arrondissement et réunis ensuite par une surface topographique continue. Les courbes de niveau de cette surface et des teintes plus ou moins foncées mettent en évidence les mouvements généraux de la population. L'accroissement relatif atteint son maximum vers le Nord, le Nord-Ouest et le Nord-Est de Paris. Les communes de Colombes, Asnières, Saint-Ouen se distinguent par leur rapide accroissement. Gennevilliers, avec la prospérité due aux irrigations, a vu le nombre de ses habitants s'augmenter de 34 0/0. Chatou, Bougival s'accroissent; la plaine de Montesson, Achères, Saint-Germain sont stationnaires. Le Sud et le Sud-Est de Paris ne se développent pas. La population de l'intérieur de la capitale ne varie presque pas ; celle des faubourgs s'accroît au contraire, notamment dans les 17e, 18e, 19e, 20e arrondissements, au Nord, et dans les 12e et 15e au Sud.

8. — L'Épidémie de fièvre typhoïde de Paris en 1882. — Études statistiques. *(Chaix 1883.)*

Les faits statistiques généraux de l'épidémie de fièvre typhoïde en 1882 sont étudiés sous forme de plans et courbes graphiques et sont rapprochés des causes diverses naturelles ou artificielles qui ont pu influer sur la naissance et le développement de l'épidémie.

L'épidémie de 1882 offre le maximum de mortalité, 140 décès sur 100.000, depuis l'épidémie du siège, qui avait atteint 230. Elle s'est manifestée dès le printemps et a eu son maximum en octobre. Elle a sévi avec une certaine intensité dans certains quartiers du 15e, 16e et du 17e arrondissements, avant son développement général dans Paris, c'est-à-dire avant le mois d'août. Elle régnait du reste d'une manière à peu près permanente dans certains quartiers du 7e arrondisssement (École militaire). Lorsqu'elle a atteint son maximum, les quartiers les plus frappés ont été les quartiers voisins de l'École militaire, de la Monnaie, des Quinze-Vingts, de la Porte-Saint-Martin, de La Chapelle et de La Villette.

Les diverses conditions météorologiques ont été rapprochées mois par mois des décès typhoïdiques. L'année 1882 a été spécialement remarquable par de fortes pluies d'été, avec une sécheresse en octobre et une reprise d'humidité en novembre. La sécheresse d'octobre succédant à l'humidité d'été correspond au maximum de l'épidémie. Celle-ci a coïncidé en outre avec un manque général de lumière solaire et une évaporation rendue faible par l'humidité constante de l'atmosphère. Les nappes souterraines n'ont commencé à s'élever que vers la fin de l'épidémie. Les vents ont soufflé presque constamment du Sud-Ouest et porté vers les hauteurs de La Chapelle et de La Villette les effluves de Paris et notamment les exhalaisons des tuyaux d'évent des fosses fixes.

Les influences artificielles, accumulation des habitants dans d'étroits logements ou dans les garnis, consommation insuffisante d'eau ou usage d'eau suspecte, rareté des établissements de bains,

multiplication des lavoirs communs, insuffisance des égouts, prédominance du système des fosses, coïncident presque généralement pour une même région à une augmentation de la mortalité typhoïdique. Aucun de ces éléments ne paraît exclusivement dominants; ils sont accumulés dans les quartiers les plus frappés.

IV. — ASSAINISSEMENT
DES VILLES DE L'ÉTRANGER ET DE LA PROVINCE

A. — PROJETS DRESSÉS PAR M. A. DURAND-CLAYE

1. — Assainissement de la ville de Buda-Pest. (Hongrie, 1875.)

L'étude de l'assainissement de Buda-Pest a été demandée par la municipalité de cette ville.

Les deux villes de Bude et de Pest sont séparées par le Danube qui a en ce point une largeur de 400 mètres et un débit variant de 630 à 6.800 mètres cubes à la seconde. Pest est une ville plate, située sur les alluvions du fleuve ; Bude est montagneuse et rocheuse. Leurs populations sont de 200.000 et 70.000 habitants, et leurs surfaces de 3.700 et 1.300 hectares. Le service des eaux est fait par des machines qui puisent l'eau dans la couche perméable du voisinage du Danube et donnent un débit insuffisant de 10.000 mètres cubes par jour.

Le projet présenté a comporté la création de collecteurs latéraux au Danube, interceptant en temps ordinaire toutes les eaux d'égout et ne déversant au fleuve que les eaux des grands orages. Des collecteurs secondaires desservent les divers quartiers des deux villes; ceux de Bude ont dû être prévus avec des dimensions exceptionnelles et des débouchés spéciaux de trop plein au Danube, en présence des 12.000 hectares de terrains montueux dont le thalweg aboutit au milieu de la ville. Les sections des égouts sont analogues à celles de Paris, avec des types spéciaux pour Bude. Avant leur débouché au Danube, des usines élévatoires doivent élever les eaux soit en temps ordinaire sur des terrains d'irrigations qu'offrent de toutes parts les plaines desséchées des environs, soit en temps de crue au niveau du fleuve, de manière à assurer la continuité de

l'écoulement. — L'ensemble du réseau projeté comprend 45 kilomètres de collecteurs et est évalué à 20 millions. De temps immémorial, les matières de vidange descendent aux égouts. Des indications sont données pour assurer un bon curage et des chasses suffisantes.

2. — Assainissement de la ville d'Odessa. (Russie, 1880.)

Cette étude a été, comme celle de Buda-Pest, demandée par la municipalité.

Odessa est située sur une falaise dominant de 40 à 50 mètres le port et coupée par trois ravins. Elle a une surface de 2.000 hectares et une population de 180.000 habitants. A l'Est, les terrains bas du port se prolongent par une plage sableuse et des terrains humides, plus bas que la mer, au milieu desquels s'étendent des sortes de lacs, appelés *limans*. La distribution d'eau, qui amène à l'aide de machines l'eau du Dniester, peut fournir par jour 37.000 mètres cubes, soit 200 litres par tête. — Le réseau ancien des égouts est irrégulier et médiocrement curé. Les eaux de ces égouts descendent par les ravins dans le port qu'elles infectent. — Dans l'étude présentée, trois projets, dus à divers ingénieurs, sont examinés et critiqués. — Le système définitivement proposé consiste en un collecteur haut de ceinture qui intercepte tous les égouts secondaires de la ville proprement dite et amène leurs eaux à la pointe orientale du plateau. Des trop pleins destinés aux eaux d'orages sont ménagés à chaque thalweg des vallées secondaires. Une conduite en pression prend les eaux du collecteur haut de ceinture et les amène dans les terrains sableux des environs des limans pour les employer en irrigations. En route, cette conduite actionne une turbine qui relève les eaux d'un deuxième collecteur bas destiné aux quais du port et aux terrains du faubourg de Pérécipe. — Ces eaux, réunies à celles du collecteur haut, se dirigent également vers les champs d'épuration. — Le réseau comprend 2.550 mètres d'égout de forme ovoïde, 10.000 mètres de conduites circulaires, 2.000 mètres de conduites métalliques. Il exige une dépense de 1.200.000 francs, y compris l'usine hydraulique élévatoire. — Ici,

comme à Pest, les vidanges sont envoyées depuis longtemps directement aux égouts.

3. — Assainissement de la ville de Genève. (Suisse, 1882-1883.)

Étude demandée par la municipalité.

Le service des travaux de la ville de Genève, d'après les indications données sur place par M. Durand-Claye, a dressé un plan général des collecteurs, destinés à intercepter les égouts qui se déversent actuellement dans le lac et au Rhône. Ce plan a été examiné, discuté et rectifié dans un rapport en date du 31 mars 1883.

Le tracé des collecteurs suit les deux rives du fleuve et vient aboutir aux environs de la jonction de l'Arve et du Rhône. La pente ne descend pas au-dessous de 0,001. — Des chasses, à l'aide d'eau empruntée au Rhône, faciliteront le parfait entretien des galeries. — Les sections sont calculées, en admettant que les plus grandes averses qui, à Genève, atteignent le chiffre considérable de près de 1^{mm},5 de hauteur d'eau par seconde, mettront trois fois plus de temps à s'écouler qu'à tomber. — Les collecteurs auront des cunettes débitant l'eau d'égout ordinaire, et une voûte supérieure débitant les averses; les angles des radiers seront partout arrondis. L'épuration des eaux d'égout par le sol est recommandée au débouché des collecteurs.

Les vidanges sont envoyées dès aujourd'hui en totalité aux égouts.

4. — Assainissement de la ville de Cannes. (Alpes-Maritimes, France, 1882.)

La municipalité de Cannes a demandé un avis motivé au sujet de la question des vidanges. Une partie des matières recueillies dans de petits tonneaux en bois est employée de temps immémorial à la culture des environs. Une autre partie est extraite de fosses fixes par des tonneaux pneumatiques. Un réseau d'égout a été étudié par une compagnie financière; il comporte une usine élévatoire aux environs de la jetée, destinée à relever les eaux et à les envoyer à

4 kilomètres sur une plage déserte et au besoin sur des champs épurateurs; cette usine, une fois établie, pourra recevoir les matières de vidange et les expulser concurremment avec les eaux d'égout. Provisoirement les entrepreneurs de vidange demandaient à déverser les matières dans la mer aux environs de la jetée du port.

Le danger et les inconvénients de cette solution, même provisoire, sont signalés. L'infection certaine du rivage à la porte même de la ville porterait une grave atteinte à la réputation sanitaire de Cannes. On ne peut, dans le système du déversement à la mer, compter sur aucune action d'oxydation analogue à celle qu'offre l'épuration par le sol. Les matières organiques flottent avec tous leurs germes de fermentation. L'exemple de Londres, Brighton, Torquay, et d'un grand nombre de villes maritimes montre l'inefficacité et les périls de cet imprudent déversement. Il y a donc urgence à hâter la construction de l'usine élévatoire projetée, afin d'éloigner au moins de la ville les déjections de ses habitants.

Pendant les quelques mois que nécessite ce travail, les matières peuvent continuer à être déversées sur le sol et utilisées comme engrais, suivant les errements séculaires de la culture. Quant à celles qui sont extraites mécaniquement et transportées au tonneau, elles sont très pauvres; elles constituent de véritables eaux d'égout; elles peuvent être épurées sur un champ de 3 à 4 hectares de superficie, loué ou acheté par la ville.

Dans l'avenir, il conviendra d'utiliser l'usine élévatoire des eaux d'égout pour envoyer ces eaux sur les terrains stériles de la vallée de la Siagne, le déversement en mer étant réservé pour les cas exceptionnels. Le réseau d'égouts projeté, complété vers la région des villas par des conduites en grès, pourra utilement recevoir toutes les vidanges et être abondamment lavé par les eaux du canal de la Siagne et du Loup.

5. — Assainissement de la ville de Reims. (Marne, France, 1882.)

La ville de Reims étudie depuis de longues années le moyen d'assainir la rivière la Vesle qu'infectent ses eaux d'égout. Une

décision ministérielle du 13 mai 1882 lui a prescrit d'employer à cet effet l'épuration par le sol, à l'exclusion des procédés chimiques. Un projet de traité a été en conséquence passé avec une compagnie, branche de la Compagnie des Eaux de Paris, pour réaliser l'opération sur les terrains perméables situés en aval de Reims. La municipalité a demandé un avis motivé sur la question. Les terrains proposés pour l'épuration ont, après examen sur place, été divisés en deux parties : la première haute, composée d'un sol à base crayeuse, est perméable sur une forte épaisseur et peut être consacrée à l'opération ; la partie basse, humide et marécageuse, présentant une nappe souterraine à moins de 1 mètre de profondeur, doit être exclue : l'oxydation surtout à forte dose y serait imparfaite. On a donc limité les champs épurateurs par une ligne qui correspond à une profondeur de nappe de 2 mètres au minimum. Les doses admises ont été de 80.000 mètres cubes à l'hectare, la surface d'épuration de 150 hectares.

Cette surface pourra être développée par la compagnie concessionnaire ou par les cultures libres. L'épuration sera constatée au moyen d'analyses contradictoires. La ville de Reims acquerra la surface de 150 hectares en partie par expropriation, en partie par achat d'une fraction du domaine que possède dès aujourd'hui la compagnie. Celle-ci se charge des travaux et de la répartition des eaux moyennant une subvention de 1/2 centime par mètre cube.

B. — COMPTE RENDUS.

6. — Travaux d'assainissement de Londres. (*Annales des Ponts et Chaussées.* 1869.) (Rédigé à la suite d'une mission donnée par la Ville de Paris.)

Les égouts de Londres, créés successivement et sans plan général par les diverses paroisses, débouchaient en Tamise à l'intérieur de la ville ; ils avaient fini par produire une infection intolérable. En 1856, le service fut centralisé, en ce qui concerne les lignes

principales du drainage et un certain nombre d'autres travaux publics, entre les mains d'un Métropolitan Board of Works, dont les membres sont nommés par les divers conseils de districts et de paroisse, et qui a un service d'ingénieurs spéciaux dirigé par M. Bazalgette.

Trois grands collecteurs d'étage haut, moyen et bas ont été établis sur chaque rive de la Tamise. Ils ont un développement de 132 kilomètres et assainissent 30.400 hectares par l'intermédiaire d'un réseau secondaire de plus de 2.000 kilomètres. Ils ont coûté 100 millions. 4 usines à vapeur d'une force totale disponible de 2.380 chevaux relèvent les eaux en divers points, de manière à conserver aux radiers une pente suffisante, malgré la faible inclinaison du sol. Des réservoirs situés à Barking et à Crossness, emmagasinent les eaux à marée haute et les lâchent pendant 2 ou 3 heures à chaque marée descendante. Le déversement s'effectue ainsi à 30 kilomètres au-dessous du pont de Londres, dans la Tamise maritime.

A l'intérieur de la ville, les vidanges sont envoyées depuis longues années aux égouts par des conduites munies de siphons intercepteurs ; les maisons sont largement alimentées d'eau. 400.000 mètres cubes environ par 24 heures sont distribués en 1869 et passent presque intégralement par les habitations. Le service public est médiocre; les ruisseaux sont rarement et mal lavés; les ordures restent souvent sur la chaussée. Les boues sont éloignées des égouts ou retenues dans des capacités aux bouches.

Le débouché des collecteurs, reporté au-dessous de Londres, a affranchi l'intérieur de la ville de son ancienne affection. Mais la Tamise commence à s'altérer au nouveau débouché. Une Compagnie s'est formée, dès 1865, pour utiliser les eaux d'égout de la rive nord de la Tamise en la portant à 70 kil. sur les sables maritimes de Maplin. L'énormité de la dépense des travaux à exécuter et des difficultés financières de toute sorte ont arrêté l'entreprise; quelques ouvrages ont été ébauchés à la porte de Londres ; une ferme d'essai a été exploitée à Lodge Farm pendant quelques années. Mais l'opération n'a pas réussi et ne pouvait pas réussir : une municipalité peut consentir des sacrifices pour obéir à un devoir supérieur d'assai-

nissement ; une Compagnie doit faire une bonne affaire : la Compagnie de Maplin était écrasée dès le premier jour par le prix auquel lui revenait le mètre cube et l'écart considérable entre ce prix et le bénéfice immédiatement réalisable.

7. — L'assainissement de la ville de Bruxelles. — Mémoire. *(Annales des Ponts et Chaussées*, 1870.*)* (Rédigé à la suite d'une mission donnée par la Ville de Paris.)

Bruxelles et ses faubourgs couvre une superficie de 2.250 hectares, compte 40.600 maisons et 325.000 habitants, — 1.500 maisons seulement sont abonnées aux eaux. La distribution d'eau comporte 20.000 mètres cubes d'eau par 24 heures. Le climat est assez froid, 10° en moyenne, et pluvieux, 0m,70 de hauteur de pluie par an. La ville comprend une partie haute et une partie basse ; la rivière la Senne traverse cette dernière ; elle était exposée à des crues subites et désastreuses et infectée par les eaux d'égout de la ville.

Depuis 1859, les diverses administrations étudièrent un projet d'assainissement général. Ce projet fut arrêté définitivement en 1866 et exécuté de 1867 à 1871. La dépense a atteint une vingtaine de millions. L'ensemble du système comprend :

1° Le voûtement général de la Senne dans la traversée de la ville et sa transformation en un grand boulevard ;

2° La création de deux collecteurs latéraux qui se réunissent en un collecteur unique à la sortie de la ville, et de branches secondaires allant recueillir dans toute la ville les égouts des diverses voies.

Les égouts ordinaires des rues ont des hauteurs de 0m,90 à 1m,60 avec des largeurs de 0m,60 à 0m,90. Les bouches sont munies de boîtes, retenant les sables et ordures, et dans une partie de la ville d'intercepteurs hydrauliques.

Le voûtement de la Senne s'étend sur une longueur de 2.100 mètres. Il comprend 2 arches de 6m,10 d'ouverture chaque, la pente du radier est de 0m,65 par kilomètre. Le boulevard qu'il supporte a près de 28 mètres de large.

Les deux collecteurs accolés ont été imités des types parisiens ;

leur pente est de moins de $0^m,50$ par kilomètre; ils ont des cunettes de $1^m,70$ de large sur $1^m,96$ de haut, avec banquettes; ils sont curés au wagon-vanne; des déversoirs sont ménagés pour envoyer à la Senne les pluies d'orage. Ils reçoivent deux branches qui leur amènent les eaux de la ville basse et des faubourgs d'Anderlecht et de Molenbeck-Saint-Jean; ces branches ont une longueur de 6.100 mètres avec une pente de $0^m,30$ par kilomètre. Les collecteurs accolés à la Senne se prolongent hors la ville par deux collecteurs isolés de 1.500 à 1.700 mètres de longueur, lesquels se confondent en un émissaire général, dont la pente est de $0^m,30$ par kilomètre et offre une cunette de $2^m,20$ de large sur $2^m,00$ de profondeur. Sa longueur est de 5.000 mètres environ. Il se termine à une usine élévatoire, destinée à faire le service des crues et ultérieurement l'envoi sur les terrains d'irrigation. Tous les égouts nouveaux sont munis de regards, d'escaliers, de mains-courantes, etc. Au moment de la visite faite en 1869, les travaux étaient en pleine exécution par l'intermédiaire d'une Compagnie anglaise; ils ont été terminés directement par la Ville.

Les maisons communiquent avec l'égout public par de simples conduites en poteries ou en briques, munies d'un *coupe-air*, sorte de boîte à cloison en pierre, ou d'un chaudron formant intercepteur hydraulique; les siphons, du système anglais, sont adoptés dans les maisons modernes. La fosse fixe était autrefois la règle unique à Bruxelles; elle a disparu peu à peu et a été remplacée par l'écoulement direct des matières à l'égout. Les règlements administratifs n'ont pas imposé cette révolution qui s'est accomplie d'elle-même et est absolument complète. Ils imposent l'usage de l'eau dans les ruelles et impasses insalubres. Les ordures ménagères sont enlevées par un entrepreneur, qui exige 80.000 francs de subvention (1869), tandis qu'en 1856 la ville retirait un bénéfice de 75.000 francs de ce même service. Le balayage est fait en partie par les riverains, en partie par l'entrepreneur. L'emploi de l'eau pour le lavage des ruisseaux et l'arrosage des rues est assez restreint et ne comportait, en 1869, que 17.000 mètres cubes par an. Les ordures, les boues de la voie publique, les produits des quelques

fosses construites sont transportés par bateaux dans un terrain municipal à Evère, où de vastes dépôts sont offerts à la culture qui n'utilise qu'une fraction des produits.

8. — **Les eaux d'égout de Reims.** *(Bulletin de la Société des Agriculteurs de France, 1873.)* — **Situation de la question des eaux d'égout en France et à l'étranger.** *(Idem, 1873, 1874, 1877, 1881, 1882.)* — **Ferme de Wrexham.** *(Journal d'hygiène, 1878.)* — **Épuration des eaux de désuintage des laines à l'usine Balsan, à Châteauroux.** *(Revue d'hygiène, 1879.)*

A. — *En France*, en dehors de Paris, la question d'épuration des eaux d'égout n'a guère été l'objet d'études et d'applications sérieuses qu'à Reims. Cette ville envoie, dans la Vesle, 15.000 à 20.000 mètres cubes d'eau très chargée d'impuretés et de résidus industriels. On a expérimenté divers procédés chimiques d'épuration, notamment à des lignites, contenant du charbon, des sulfates de fer et d'alumine, et additionnés de chaux (Procédé Houzeau et Devédeix).

Il y a eu clarification et non épuration avec une dépense de 3 centimes au mètre cube. D'autres essais à l'aide de chaux et phosphates, additionnés d'acide chlorydrique ou sulfurique, n'ont pas été plus heureux. On a proposé l'irrigation et le colmatage de terrains tourbeux et marécageux à la dose de 20.000 mètres cubes à l'hectare. Des essais faits en 1872-1873, au dépotoir de Saint-Charles, bassins où se déposent une partie des matières solides des égouts sur des bottes de paille apportées par les cultivateurs des environs, ont montré que ces terrains n'étaient pas convenables pour une bonne épuration, tandis que les terrains crayeux et perméables un peu plus élevés étaient excellents. On est arrivé, ainsi, au projet en instruction, analysé au numéro 5 de ce paragraphe.

A Versailles, une étude a été faite pour utiliser les eaux du ru de Gally, qui reçoit, au-dessous du parc, au carré de la Réunion, les collecteurs créés par Louis XIV.

A Saint-Germain-en-Laye, une prairie de 20 hectares, située au Pecq, a été irriguée, à partir de 1873, par les eaux d'un petit ruisseau qui reçoit une grande partie des égouts de la ville.

A l'asile de Vaucluse (Seine-et-Oise), des terrains reçoivent toutes les eaux sales de l'établissement et les utilisent au lieu de les laisser descendre dans l'Orge.

A Montpellier, Carcassonne, Cambrai, Aix, Chambéry, Saint-Etienne, etc., les eaux des ruisseaux et cours d'eau qui sortent de la cité et reçoivent les égouts et les déjections des habitants sont appliquées plus ou moins complètement à la culture.

Un certain nombre d'établissements industriels commencent à consacrer, d'une manière régulière, leurs eaux-vannes à fertiliser les terres, au lieu de les laisser infecter les cours d'eau (ferme de M. Dailly à Trappes, féculeries et sucreries à Gonesse, usine de tissus de laine de MM. Balsan à Châteauroux, etc.).

B. — A l'étranger, l'Angleterre pratique depuis longtemps l'épuration par le sol sur des eaux d'égout contenant toutes les impuretés, vidanges et autres, d'un grand nombre de villes. Edimbourg présente, depuis plus d'un siècle, les 100 hectares luxuriants des prairies de Loch et Craigentinny qui étendent leur tapis de verdure jusqu'au milieu des galets des plages de Leith et Portobello; les doses employées varient de 30.000 à 100.000 mètres cubes par hectare et par an; dans les autres cités, la municipalité exploite ordinairement sa *sewage farm* en régie ou la loue à un fermier général; une partie du terrain est réservée pour l'emploi des eaux aux plus hautes doses, afin d'assurer l'épuration en toute saison; le reste est aménagé de manière à obtenir le résultat agricole le plus satisfaisant et à diminuer d'autant les frais toujours lourds de l'exploitation.

En 1873, on pouvait citer 26 villes où l'opération fonctionnait dans de bonnes conditions (Bedford, Warwyck, Merthyr, Tydvil, Banbury, Rugby, etc.). La ville de Birmingham, qui voulait exproprier dans le même but une surface, un peu insuffisante, de 324 hectares, n'obtenait pas du Parlement les pouvoirs nécessaires et était forcée de se contenter d'exploiter sa ferme de Satley, avec une épuration complémentaire par la chaux. L'emploi de la chaux était également maintenu à Leicester, Blackburn, Tottenham, etc., et donnait une clarification incomplète, avec des accumulations de dé-

pôts infects dont on ne trouvait aucun débouché, même aux prix les plus minimes. — D'autres procédés chimiques, l'A. B. C. (alun, sang, charbon), le phosphate d'alumine, le *Peat* (Tourbe), étaient tentés de divers côtés et se montraient partout coûteux et insuffisants, bons tout au plus pour dégrossir des eaux très chargées et les rendre un peu moins encombrantes pour les cours d'eau infectés. A Londres, la Compagnie des Sables de Maplin faisait les intéressants essais d'application agricole de Lodge farm, mais était impuissante pour mener à bonne fin la ruineuse entreprise de la conduite des eaux jusqu'aux Dunes de la mer du Nord; diverses compagnies tentaient des essais chimiques, toujours malheureux. En 1874, des documents parlementaires officiels apprenaient que 44 villes avaient des sewages farms d'une étendue moyenne de 45 hectares; aucun inconvénient n'était signalé au point de vue sanitaire; l'épuration était excellente partout et les produits luxuriants. 27 villes poursuivaient des essais ou des exploitations provisoires à l'aide de procédés chimiques divers; 54 faisaient des filtrations ou dépôts sommaires. En 1876, une nouvelle enquête montrait les progrès des procédés naturels; 64 villes pratiquaient l'irrigation; les procédés chimiques ne s'appliquaient plus qu'à 18 villes et les procédés de filtration sommaire à 39. Le Rivers Pollution Act généralisait (25 août 1876) la défense d'infecter les cours d'eau, et un rapport du Local government Board proclamait la supériorité du système de l'épuration par le sol et de l'utilisation agricole, ainsi que son innocuité. — En 1881, le nombre des *sewages farms* atteint 134; en 1882, 184; les procédés chimiques perdent le terrain que gagnent les irrigations; ils se réduisent à la chaux, encore appliquée comme *dégrossissant* dans quelques villes comme Leed, Leicester, Birmingham; les irrigations se rencontrent dans toutes les parties de l'Angleterre et notamment dans les localités de villégiature, comme Croydon, Great Malvern, Tungbridgs Wells, Cheltenham, Wrexham, etc., à Oxford, à la porte des établissements universitaires, etc.

En Allemagne, Dantzig pratique l'irrigation depuis 1 72, Berlin depuis 1877, Breslau depuis 1881. En Autriche-Hongrie, un projet

pour l'épuration des eaux d'égout de Buda-Pest a été dressé en 1876; la question est étudiée à Vienne, à Munich, à Francfort, qui vient de terminer son beau réseau d'égouts, recevant la majeure partie des vidanges, comme dans les villes précitées. — En Italie, les canaux des environs de Milan, chargés des impuretés de la ville, arrosent depuis longtemps une partie des célèbres *marcites*. Des essais directs ont été faits aux cascines sur les eaux d'égout de Florence ; des études sont poursuivies à Naples et Palerme. — En Espagne, la *huerta de Valence* est enrichie par des canaux qui ont ramassé les eaux d'égout et les vidanges de la ville ; les maraîchers des environs de Madrid utilisent les eaux d'un des gros égouts de la ville. En Suisse, les prairies de Lausanne doivent leur richesse au déversement des eaux d'égout dans les ruisseaux qui les arrosent. Des études d'irrigations méthodiques ont été faites à Fribourg et à Zurich. — A Bruxelles, des essais, poursuivis sur une quarantaine d'hectares à partir de 1876, ont montré la réussite possible d'une opération plus générale qui s'étendrait sur 4.000 hectares, puis sur les plateaux perméables de Loo et de Penthy. — Enfin, le projet général d'assainissement d'Odessa, dressé en 1881, comporte l'irrigation des terrains déserts voisins des limans.

9. — Le système Liernur. — *(Revue d'hygiène, 1880.)*

Une série de documents sont réunis et résumés ; ils s'accordent pour démontrer le prix élevé, la complication et les inconvénients du système. — Ce système comporte une série de conduites en fonte qui s'étendent sous quelques rues d'Amsterdam et de Dordrecht et dans lesquelles le vide est fait par une pompe à vapeur. A certaines heures de la journée, les réservoirs à vide sont mis en communication avec le réseau, et les matières sont aspirées. L'eau est considérée comme une ennemie, parce qu'elle dilue les matières, augmente leur cube et par suite les frais d'extraction et diminue leur valeur agricole ; M. Liernur a inventé un siège, disposé de telle sorte qu'au cas où on fait un usage trop abondant de l'eau, les matières retombent sur les pieds de la personne qui a commis cette grave infraction aux principes de l'inventeur. — Les obstructions

sont assez fréquentes, et lorsqu'elles se produisent, toute une fraction du réseau se trouve hors de service. Enfin, les cultivateurs refusent d'employer les matières extraites, trop pauvres dans l'état où elles sont extraites.

10. — Les travaux d'assainissement de Dantzig, Berlin, Breslau. — *(Revue d'hygiène et publication administrative*, 1881.)

A. — *Dantzig* est traversée par la Mottlau, qui se joint à la Vistule à la porte de la ville et va se jeter avec elle dans la mer du Nord, à 5 kilomètres en aval. Le climat de Dantzig est très froid, 7 degrés en moyenne. — L'ancien état de Dantzig laissait beaucoup à désirer au point de vue de l'assainissement. Les maisons avaient toutes des fosses fixes ou mobiles; les égouts étaient imparfaits et peu nombreux; leurs eaux venaient infecter les quais de la Mottlau ; la distribution d'eau était insuffisante; la mortalité pour une population de 97.000 âmes, atteignait près de 37 par 1.000 habitants en moyenne et même 49 en 1869. — Les travaux ont compris :

1° Une distribution de 10.000 à 20.000 mètres cubes par jour d'eau de source ;

2° La suppression de toutes les fosses fixes ou mobiles et l'envoi de toutes les matières, aux égouts, par l'intermédiaire de tuyaux en grès avec siphon hydraulique ;

3° La construction d'un réseau d'égouts avec collecteurs. Ceux-ci sont ovoïdes, avec des pentes de 0m,42 à 0m,67 par kilomètre; les conduites secondaires sont formées de tuyaux en grès de 0m,23 à 0m,52 de diamètre. Des vannes et des prises d'eau sur la canalisation publique où les fossés de la ville assurent un curage permanent. La longueur du réseau est de 45.000 mètres environ, il a coûté 2.625.000 francs, y compris l'usine élévatoire ;

4° L'établissement d'une usine élévatoire de 120 chevaux qui envoie les 14.000 à 16.000 mètres cubes d'eaux d'égout, chargées de vidanges, vers des champs épurateurs, situés à 3 kilomètres, sur le bord de la mer. Ces champs ont une étendue de 500 hectares, sur lesquels 120 à 170 sont seulement en exploitation, l'extrême perméabilité du sol ne permettant pas de descendre à de faibles doses

d'irrigation. Les cultures sont propères, l'eau du sous-sol est pure; l'exploitation se fait par un entrepreneur qui en a les charges et les bénéfices. Le service se continue au cœur de l'hiver. Le taux de la mortalité à Dantzig est tombé à 28 par 1.000 habitants;

5° *La ville de Berlin* compte plus d'un million d'habitants répartis sur 6.250 hectares, dont 2.560 bâtis; elle est traversée par la Sprée. Ses maisons avaient toutes des fosses fixes en 1870; les égouts, assez peu nombreux et médiocres, étaient souvent remplacés par de profonds fossés régnant devant les maisons. La nappe souterraine, voisine d'un mètre seulement du sol, était profondément altérée et servait néanmoins à l'alimentation par des puits et de nombreuses pompes publiques. Le climat est froid. La mortalité atteignait 37 à 38 par 1.000 habitants. L'alimentation en eau était insuffisante, variant de 39.000 à 40,000 mètres cubes par vingt-quatre heures, soit moins de 50 litres par tête et par jour. Les grands travaux d'assainissement ont été entrepris en 1873-1874. Ils comprennent :

1° Un réseau d'égouts, de formes ovoïdes, de hauteur variant de $1^m,20$ à 2 mètres. Les bouches sont munies de réceptacles à sables. Dans les voies très larges, il y a d'un côté un égout et de l'autre une conduite en grès de $0^m,45$ de diamètre. Les collecteurs principaux ont une pente de $0^m,36$ à $0^m,50$ par kilomètre;

2° La suppression successive de toutes les fosses fixes et l'envoi des matières de vidange aux égouts par des branchements en poterie de $0^m,16$ de diamètre et $0^m,03$ de pente par mètre avec siphons hydrauliques intercepteurs;

3° L'établissement de cinq usines élévatoires, réparties sur la périphérie de la ville, et où aboutissent les principaux égouts; ces usines sont chacune d'une force de 350 à 400 chevaux. Elles élèvent les eaux d'égout et les refoulent vers les champs d'épuration. Ceux-ci sont situés au Sud et au Nord de la ville, à 13 et à 15 kilomètres des usines. Ils comprenaient, en 1880, 1.560 hectares. Les irrigations s'appliquent à des cultures diverses, généralement prospères; la nappe d'eau, assez voisine du sol, exige des travaux de drainage qui ont été quelquefois en retard sur le développement rapide des irrigations. L'exploitation est faite par la ville en régie.

L'installation générale du réseau et des usines doit coûter au moins 50 millions;

4° Une étude a été faite pour amener à Berlin 254.000 mètres cubes par jour d'eau potable, empruntée à des puits filtrants qui seraient creusés aux environs du Muggel See.

C. — *A Breslau*, les principes et les types adoptés pour les ouvrages se rapprochent de ceux de Berlin. La ville a 250.000 habitants, et est traversée par l'Oder. La fosse fixe était la règle unique ; de nombreuses industries, charcuteries, etc., donnaient des eaux d'égout fort chargées qui se déversaient dans l'Oder. La mortalité oscillait de 33 à 50 pour 100.

La distribution d'eau, empruntée à l'Oder, a été portée à 31.000 mètres cubes par 24 heures. Les égouts sont ovoïdes, et les branchements particuliers sont formés de conduites en grès avec siphon hydraulique. Les collecteurs ont une longueur de 19.300 mètres. Ils aboutissent à une usine de 120 chevaux de force qui envoie les eaux sur un champ épurateur de 400 hectares de superficie. La dépense a été de 2.500.000 francs. A mesure que les branchements s'exécutent, les fosses sont supprimées et les matières envoyées aux égouts.

11. — Commission technique de l'assainissement de Paris. — Voyages d'études à Bruxelles, Amsterdam et Londres. — Comptes Rendus. — *(Publication administrative. — Chaix,* 1883.*)*

A. Bruxelles. — Les égouts de Bruxelles et les collecteurs (Voir n° 7 du § IV) ont été visités en détail. La forme et la pente des galeries ont été trouvées analogues à celles du réseau parisien ; l'entretien et le curage sont insuffisants dans les galeries secondaires ; les collecteurs sont curés au wagon-vanne. Les branchements particuliers sont assez irrégulièrement jonctionnés aux égouts publics. Ils sont munis de coupe-air ou de siphons hydrauliques. Toutes les vidanges arrivent aux égouts ; les fosses fixes ont complètement disparu. La distribution d'eau est de 28.000 mètres cubes, soit 78 litres par tête et par jour. La mortalité est descendue à 24 décès par an par 1.000 habitants.

L'usine élévatoire, construite à Haeren, à l'extrémité du grand collecteur, est prête à fonctionner ; elle pourra élever au besoin 80.000 mètres cubes par jour, soit jusqu'au niveau de la Senne, pour faciliter la manœuvre des wagons-vannes, soit ultérieurement sur les champs épurateurs.

Le service des ordures et des boues est fait administrativement ; les matières recueillies sont amenées au bassin du canal de Bruxelles à l'Escaut et transportées au bateau à Evère. La dépense d'exploitation est de 2 fr. 50 c. environ par jour et par tête d'habitant ; le cube transporté annuellement est de 126.000 mètres cubes. Le placement des produits est assez difficile et les recettes ne couvrent pas le tiers des dépenses.

B. — Amsterdam. — La ville d'Amsterdam compte 314.000 habitants. Elle est coupée par une série de canaux concentriques qui communiquent avec l'Y, et de là avec le Zuyderzée. Dans la majeure partie de la ville, les matières de vidange vont par des conduites aux canaux ; les égouts sont peu nombreux. Depuis l'établissement du canal de la mer du Nord et de la digue du Zuyderzée, l'eau des canaux, autrefois mise en mouvement par le jeu des marées, est devenue immobile et son infection s'est accrue. Pour y remédier, une puissante machine à vapeur de 300 chevaux élève chaque nuit environ 600.000 mètres cubes empruntés aux canaux que l'on isole de l'Y pendant le fonctionnement de l'usine à l'aide d'écluses. L'eau élevée est rejetée au Zuyderzée. On obtient ainsi une baisse générale dans le système des canaux et un mouvement de chasse quand on les remplit de nouveau en ouvrant les écluses de l'Y. Le système Liernur (Voir n° 9, § IV) est appliqué à 1.588 maisons et 28.000 habitants ; il comporte des réservoirs de vide, établis au milieu des rues et dont la manœuvre serait inadmissible avec une circulation active. Les cabinets, jonctionnés à ce système, n'ont pas d'eau. Les conditions spéciales où se trouve Amsterdam avec sa ceinture de canaux et son absence d'égouts, justifient jusqu'à un certain point la continuation d'un essai coûteux et critiqué de divers côtés.

C. — Londres. — Le système général des collecteurs de Londres

(Voyez n° 6, § IV), a été visité. Il se résume actuellement dans les chiffres ci-après :

Surface drainée : 30.432 hectares ;

Longueur des collecteurs et égouts principaux : 132.000 mètres ;

Force des 21 machines élévatoires : 2.616 chevaux ;

Volume moyen élevé en 24 heures : 700.000 mètres cubes;

Volume maximum déversé en 24 heures en Tamise : 920.000 mètres cubes ;

Dépense d'établissement · 103.500.000 francs ;

Dépense annuelle d'exploitation des usines : 1.300.000 francs.

Les égouts secondaires sont ovoïdes, de 0m,91 à 1m,83 de hauteur. Les maisons communiquent avec ces égouts par des conduites en poterie dont la pente descend quelquefois jusqu'à moins de 0m,01 par mètre. Ces conduites sont toujours munies de siphons hydrauliques et conduisent à l'égout les eaux ménagères et les vidanges. Les égouts sont ventilés par de nombreuses cheminées débouchant librement sur la chaussée. Les bouches d'égout sont disposées en forme de réservoir, de manière à retenir les sables et les boues. En certains points spéciaux, les égouts sont à deux étages ; l'inférieur écoule les eaux sales ; le supérieur reçoit les conduites d'eau, de gaz, de télégraphe, etc. (Viaduc d'Holborn, collecteurs des quais.) Dans ce cas, la ventilation de l'égout placé à grande profondeur est assez imparfaite. Les collecteurs communiquent par des galeries transversales et des décharges avec la Tamise, où s'écoulent directement les grandes averses. Leur pente est assez faible et descend à 0m,37 par kilomètre. Les réservoirs de Barking et de Crossnoss emmagasinent les eaux à marée haute et ne les déversent en Tamise qu'à la marée descendante. Les collecteurs et les divers égouts de Londres, ne recevant presque pas de sables ni de boues solides, sont assez rarement curés. On retire 72.000 mètres cubes de dépôts par an des réservoirs de bouche et 17.000 mètres cubes des égouts principaux ; 300 ouvriers entretiennent ces égouts qui sont compris dans le service du *Métropolitain Board of works.*

L'assainissement intérieur de la maison est extrêmement soigné; l'eau est partout en quantité suffisante ; le cube total disponible est

de 125 à 170 litres seulement par tête et par jour; mais les trois quarts de ce cube passent par la maison, un quart seulement étant consacré aux services publics. L'eau est du reste de qualité médiocre, empruntée presque entièrement à la Tamise et filtrée à l'air libre; le cube journalier disponible total est de 600.000 à 800.000 mètres cubes. Le tiers des 650.000 maisons desservies a l'eau à sa disposition toute la journée; les deux tiers sont munies de réservoirs qui sont remplis une fois chaque jour et qui doivent suffire à la consommation de 24 heures. Huit compagnies privées distribuent l'eau dans les divers quartiers et disposent d'une force mécanique élévatoire de plus de 1.600 chevaux avec 6.500.000 mètres de conduites.

Le principe de la canalisation intérieure est d'établir des siphons hydrauliques intercepteurs à chaque bouche de réception des eaux sales et des immondices, ainsi qu'à la jonction avec la galerie publique: entre deux siphons est toujours ménagée une ventilation à air libre, afin d'éviter les cantonnements et les reflux d'air vicié; les canalisations sont de diamètre modéré, extérieures aux édifices, autant que possible, formées de parties rectilignes, avec regards aux changements de direction et de pente. Le principe salutaire du cabinet spécial par logement est universellement adopté et un minimum de 10 litres d'eau admis par évacuation.

L'hygiène de la maison, depuis les Peabody's Buildings et les Workhouses, depuis les hôpitaux de King's collège et de Saint-Thomas jusqu'aux palais des lords les plus riches, présente une perfection malheureusement inconnue en France, et les propriétaires forment des associations sanitaires mutuelles, dont les ingénieurs inspectent chaque année les canalisations des intéressés dans les moindres détails, afin d'éviter toute gêne et toute émanation nuisible. La mortalité générale à Londres varie de 21 à 25 par 1.000 habitants depuis longues années, et la fièvre typhoïde n'y fait que 26 victimes sur 100.000 habitants.

V. — ASSAINISSEMENT AGRICOLE.

1. — **Dessèchement du lac Fucino** (Italie). *(Annales des Ponts et Chaussées* 1878, *Annuaire de la Société des Agriculteurs de France*, 1877.)

Le lac Fucino couvrait une surface de 15.000 hectares. Il était alimenté par un bassin de 65.000 hectares. Les périodes de sécheresse ou d'humidité se traduisaient par des variations de niveau du lac, qui atteignaient jusqu'à 12 mètres d'amplitude. Les terres en culture étaient envahies au moment des crues ; au moment des baisses, des surfaces considérables étaient mises à nu, et la malaria décimait les populations riveraines. Les Romains, sous le règne de Claude, avaient exécuté un premier dessèchement partiel, à l'aide d'un tunnel de près de 6 kilomètres percé sous le mont Salviano jusqu'au fleuve Liri. Les ouvrages romains, mal entretenus, étaient tombés rapidement en ruines.

Le dessèchement fut repris par le prince Torlonia, projeté et exécuté dans sa partie la plus difficile par M. de Montricher, ingénieur des Ponts et Chaussées de France. On perça un tunnel de 6.300 mètres de long avec une section de 4 mètres de large et 6 mètres de hauteur ; le débit à la seconde de cette galerie put atteindre 50 mètres cubes. Des difficultés considérables se rencontrèrent en exécution, notamment en certains points, où l'on retrouva des parties de l'ancien tunnel Romain, éboulées et pleines d'eau. L'écoulement put commencer le 9 août 1862. Le lac était complètement à sec en juin 1875. On écoula plus d'un milliard de mètres cubes d'eau. La cuvette desséchée fut coupée par des routes et des canaux d'assèchement. Une grande rigole de ceinture intercepta les anciens affluents du lac. Un réservoir central, ordinairement cultivé en prairie, peut au besoin, en cas d'avarie du tunnel, emmagasiner sur 2.270 hectares un cube de 55 millions de mètres. Une série de fermes furent bâties avec un domaine de 25 hectares. La dépense atteignit 43 millions. Près de 16.000 hectares ont été

gagnés à la culture ; les anciennes inondations ont cessé ; la salubrité de la contrée s'est considérablement accrue.

2. — Les pompes centrifuges simples et accouplées. — *(Annales des Ponts et Chaussées, 1873.)*

Les grands travaux de dessèchement agricole exigent de forts appareils d'épuisement. Les pompes centrifuges sont des engins simples, ne présentant aucune soupape ni aucun organe délicat; elles peuvent élever des eaux chargées de matières solides. En les réunissant deux à deux, c'est-à-dire en faisant refouler une première pompe dans une seconde, on obtient une amélioration de rendement due à la diminution de la vitesse de rotation.

3. — Exposition universelle internationale de 1878. Rapports du jury des récompenses, groupe VI. — Classe 51. — Le matériel et les procédés des industries agricoles et forestières. *(Imprimerie nationale, 1880.)*

Parmi les objets soumis à l'examen du jury de la classe 51 et analysés dans le rapport figurent tous les travaux d'assainissement rural, dessèchements, colmatages, drainages, etc.

A. — La plaine du Forez (Loire) présente une faible inclinaison; les cours d'eau étaient mal entretenus; le sous-sol imperméable empêchait l'absorption des eaux pluviales, et les propriétaires avaient aggravé la situation au point de vue hygiénique en créant des étangs à régime alterne, en eau pendant 2 ans et à sec pendant les 2 années suivantes. L'assainissement a été commencé en 1859 et s'opère par syndicats; les propriétaires supportent la moitié de la dépense, l'État et le Département le reste ; les travaux consistent en curage des cours d'eau et creusement de canaux d'assèchement. Plus de 20.000 hectares sont assainis ; un grand nombre d'étangs ont disparu. Les fièvres paludéennes diminuent. Un canal d'irrigation en cours d'exécution complètera l'œuvre du dessèchement.

B. — Le plateau des Dombes (Ain) s'étend entre Bourg et Lyon. Le terrain est silico-argileux, composé de sable très fin mélangé avec de l'argile, il est imperméable et à faible pente. De nombreux

étangs ont été créés de main d'homme, spécialement au XVIIe siècle ; ils occupaient plus du sixième des 113.000 hectares du *pays d'étangs*.

Leurs variations de niveau et leurs assèchements créaient une situation sanitaire déplorable ; dans 21 communes, le chiffre de la mortalité surpassait celui des naissances de 17 0/0.

A partir de 1853, l'assainissement fut entrepris par l'État ; on cura les cours d'eau ; on régularisa les retenues ; 364 kilomètres de routes agricoles furent tracées ; des puits publics suffisamment profonds furent creusés ; les étangs furent supprimés sur plus de 10.000 hectares. Tous ces travaux améliorèrent singulièrement la situation générale : la mortalité descendit de 40 à 25 par 1,000 habitants ; les fièvres intermittentes qui frappaient 16 0/0 des habitants disparurent ; la durée de la vie moyenne passa de 25 à 35 ans ; le nombre des réformés militaires descendit de 52 à 9 0/0.

C. — Les landes de Gascogne s'étendent derrière la ligne des dunes qui bordent l'Océan. Elles présentent une surface de plus de 8.000 kilomètres carrés presque sans pente ; les eaux y stagnent, retenues dans le sous-sol par la couche imperméable appelée *alios* et arrêtées dans leur écoulement vers la mer par la ligne des dunes. Une étude attentive de la topographie des Landes montra qu'on pouvait y tracer un réseau de fossés de dessèchement aboutissant aux étangs ; ceux-ci réunis par un canal écoulèrent les eaux à la mer. En même temps les anciens puits qui recueillaient l'eau saumâtre et impure de la couche de l'alios furent descendus plus profondément, rendus imperméables dans la traversée des eaux superficielles et allèrent chercher l'eau pure située au-dessous de l'alios dans la masse sableuse. 80 millions ont été dépensés par les communes et les propriétaires intéressés ; 184.000 hectares ont été assainis. Les fièvres ont disparu.

D. — Marais de Polésie (Russie). — L'assainissement de 3 millions d'hectares est entrepris sur les bords du Dniéper. Actuellement cette vaste surface est des plus insalubres ; le sol est une sorte d'immense marécage où les habitants circulent sur des bachots plats, traînés par des bêtes de somme, ou même sur des sortes de radeaux naturels, îlots flottants, qu'on dirige à la perche.

E. — Marais de l'île de Gothland — (Suède). 25.000 hectares de marais existent sur les 312.000 hectares de l'île. On a entrepris la création de canaux d'assèchement sur 22.000 hectares.

F. — Les associations de dessèchement de la Hongrie ont exécuté des travaux d'assainissement sur plus de 2.000.000 d'hectares et dépensé près de 90 millions.

G. — Colmatage de l'Isère. — Les dessèchements peuvent s'opérer quelquefois par l'eau elle-même, quand elle est suffisamment chargée de matières solides qu'elle abandonne par le repos; c'est l'opération du colmatage. Elle a été pratiquée en grand dans la la vallée de l'Isère entre Albertville et le département de l'Isère, dans une contrée où le cours irrégulier du fleuve créait de vastes marais et amenait un état sanitaire désastreux chez les populations riveraines, décimées par les fièvres. L'eau est amenée dans des bassins, formés par de petites digues, où elle s'étale et ne revient au fleuve qu'après avoir déposé son limon; les rives s'élèvent ainsi peu à peu et finissent par se transformer en prairies insubmersibles. 1.000 hectares de terrains sont déjà gagnés et les plus-values des terrains avec leurs récoltes ont payé les dépenses faites.

H. — Défrichements du duc de Sutherland dans le nord de l'Écosse. — Le nord de l'Écosse est un pays pauvre et misérable; sur l'immense domaine de 471.000 hectares que possède le duc de Sutherland, 11.000 seulement étaient cultivés régulièrement. Le duc de Sutherland a entrepris l'amélioration du pays; d'énormes crocs, des charrues gigantesques, de puissants appareils de drainage sont mus par la vapeur; le terrain est soulevé à de grandes profondeurs, les arbres et les bruyères arrachés; le sol est assaini et chaulé. 50.000 hectares ont déjà subi ce traitement radical à raison de 1.800 francs l'hectare. Un pays déshérité, livré à la misère et à la maladie, a été régénéré par ce noble emploi d'une immense fortune.

I. — Reboisement et gazonnement des montagnes. — Les départements des Hautes et des Basses-Alpes et quelques régions des Pyrénées, en France, sont exposés à une ruine croissante par suite de la

dénudation des montagnes et des ravinements gigantesques produits par les orages et les fontes de neige. Ils se dépeuplent et deviennent, chaque jour, plus misérables. L'Administration des forêts s'est mise courageusement à l'œuvre. Elle reboise et gazonne les sommets, retient les terres par des ouvrages en clayonnages et fascinages aussi simples qu'ingénieux, règle les torrents, leur donne un lit factice par des barrages échelonnés. 74.500 hectares ont été restaurés sur 758.000 hectares attaqués. Plus de 14 millions ont été dépensés, sur un total prévu de 148 millions.

Le rapport de la classe 51 traitait également de l'utilisation des déchets et détritus divers comme engrais (vidanges, débris d'animaux, eaux d'égout, etc.).

4. — Cours d'hydraulique agricole et de génie rural. — École des Ponts et Chaussées. — *(Autographie, 1882.)*

Plusieurs parties du cours traitent des questions d'assainissement agricole, tels sont les chapitres suivants :

A. — Règlements d'eau, curages et faucardements. — L'entretien des petits cours d'eau est essentiel à la salubrité des riverains : l'encombrement du lit des ruisseaux ou rivières par les vases et les herbes amènent les stagnations, les débordements et l'infection paludéenne. L'assainissement de la Sologne a été obtenu presque uniquement par des opérations de détail de ce genre et par des reboisements.

B. — Dessèchements. — Le dessèchement des terrains marécageux et humides s'obtient par de simples fossés d'assainissement, par des canaux plus larges, et, dans certains cas, par des travaux considérables de percement de tunnels ou d'élévation mécanique des eaux. L'installation des ateliers, au moment de la mise en train des travaux, exige des précautions minutieuses pour assurer la santé des ouvriers. Les exemples de dessèchement cités plus haut sont complétés par ceux du Bolonais, de l'Algérie, du midi de la France (marais d'Arles, des Baux, de la Camargue), de Bourgoin (Isère), des Moeres et des Wateringues (Nord), des lacs Hollandais (lac de

Haarlem et polders divers), des Maremmes de Toscane, du val de Chiana (Italie), des Warpings de la Humber (Angleterre), etc.

C. — *Utilisation des détritus.* — Le traitement des débris divers, des vidanges, des eaux d'égout est indiqué comme assurant, en même temps, l'assainissement extérieur des villes et des fermes et l'utilisation de produits qu'il est indispensable de restituer au sol.

4 octobre 1883.

A. DURAND-CLAYE.

IMPRIMERIE CENTRALE DES CHEMINS DE FER. — IMPRIMERIE CHAIX. — 20, RUE BERGÈRE, PARIS. — 19267-3.